

EL ESTUDIO DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS EN EL MODELO DE LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES DE MATEMÁTICA Y FÍSICA PARA EL DESARROLLO DE LA EDUCACIÓN EN EL NIVEL MEDIO CUBANO

DrC. Arnaldo de la Caridad Díaz Gómez.

Profesor Titular

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Profesor, coordinador de carrera y secretario de la Comisión Nacional de Carrera

arnaldod@ucp.vc.rimed.cu

Resumen

El trabajo titulado El estudio de las magnitudes físicas en el modelo de la formación inicial de profesores de Matemática y Física para el desarrollo de la educación en el nivel medio cubano, tiene como objetivo contribuir a un mejor tratamiento de las magnitudes físicas en las asignaturas de la carrera que forma estos profesores a través del trabajo interdisciplinario. Como contenidos fundamentales se encuentra el modelo de formación de profesores de Matemática-Física, las magnitudes físicas y su tratamiento didáctico, las relaciones interdisciplinarias. Como resultado fundamental se ofrece una serie de recomendaciones didácticas para el desarrollo de los contenidos relacionados con las magnitudes físicas que contribuyan a las relaciones interdisciplinarias en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: formación inicial, relaciones interdisciplinarias, tratamiento didáctico de las magnitudes.

Introducción

El estudio de las magnitudes es parte esencial del currículo correspondiente a los niveles educativos de los diferentes países. Su presencia es fundamental en las asignaturas de Matemática y Física, aunque no son las únicas que abordan este importante tópico.

Este estudio en cualquier contexto debe tener presente que existen organizaciones internacionales que se encargan de actualizar las normas relacionadas con las mediciones de las magnitudes, las unidades en que se expresan y las diferentes operaciones que se realizan con magnitudes y unidades.

Entre estas organizaciones se encuentra la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), la Federación Internacional de Química Clínica y de Biología Médica (IFCC), la Organización Internacional de Normalización (ISO) de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP) y de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML).

Estas organizaciones han dado respuesta a la necesidad de un medio de comunicación formal, escrito, en el que se precise la terminología relacionada con la metrología y en particular con las magnitudes y unidades. Se ha creado el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM), que ha tenido diferentes ediciones. Este material imprescindible para la ciencia y la técnica, también es importante para el tratamiento didáctico de las magnitudes en el contexto escolar.

El trabajo con las magnitudes es una de las líneas directrices de la asignatura Matemática en la educación cubana y atraviesa el currículo de los niveles educativos desde la primaria hasta la educación superior.

En la educación superior se forman los profesores de Matemática y de Física, los cuales juegan un papel esencial en el tratamiento de este tópico en la escuela, resulta esencial influir en este sentido, desde su formación inicial en la universidad.

La formación inicial de profesores de Matemática y de Física para el nivel medio en Cuba, desde el curso 2010-2011, se lleva a cabo a través de la carrera Licenciatura en Educación Matemática-Física, en diversas universidades del país.

La presencia de contenidos comunes en la Matemática y la Física y las didácticas especiales de las mismas en esta carrera, conlleva a la necesidad de lograr la coherencia en su tratamiento didáctico y el cumplimiento de las relaciones interdisciplinarias.

Entre estos contenidos comunes se encuentran los relacionados con el trabajo con magnitudes, que incluyen: la definición de *magnitud*, valor de la magnitud, magnitudes y unidades, conversión de unidades, análisis de unidades, análisis dimensional, clasificación de las magnitudes físicas según su naturaleza matemática, solución de problemas de determinación de valores de magnitudes, entre otros.

Se ha comprobado que en el proceso de formación de los estudiantes de esta carrera, en la provincia de Villa Clara, no se logra el adecuado rigor y coherencia en el tratamiento de estos contenidos.

Se parte entonces de la interrogante: ¿Cómo dar tratamiento didáctico a los contenidos relacionados con las magnitudes de modo que se cumplan adecuadamente las relaciones interdisciplinarias en la formación inicial de profesores de Matemática-Física?

El objetivo es ofrecer una serie de recomendaciones didácticas para el tratamiento de las magnitudes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera Licenciatura en Educación. Matemática-Física, que permitan lograr el rigor adecuado y la implementación de las relaciones interdisciplinarias en este contexto.

La metodología empleada para la realización de este trabajo partió del análisis de documentos, la revisión de la literatura, y los análisis en el colectivo de docentes de la carrera, que coordina el autor desde el 2010.

Desarrollo

El *análisis de documentos* incluyó la revisión del plan de estudios y dentro de este el *modelo del profesional*, en el que se destaca que el futuro egresado debe dirigir el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática y de la Física en la escuela media con un enfoque interdisciplinario.

Se revisaron también los programas de las asignaturas, los textos básicos y otros textos que tradicionalmente se utilizan en la enseñanza de la matemática y la física. Se encontró que no hay uniformidad en cuanto al concepto de magnitud, la diferenciación de las magnitudes físicas según su naturaleza matemática y otros contenidos afines.

Para que los futuros egresados puedan cumplir con los objetivos establecidos en el modelo del profesional, es necesario que el desarrollo de la docencia, y en particular en las asignaturas relacionadas con la matemática y la física, en su proceso de formación inicial, se realice con un enfoque interdisciplinario, que muestre cómo se pretende que ellos actúen en las escuelas una vez egresados.

Se tiene como antecedente en un estudio realizado por el propio autor (tesis doctoral) en el que se determinó un interobjeto para las relaciones interdisciplinarias entre los contenidos del cálculo infinitesimal y los contenidos de la física. Este interobjeto estuvo dado por: *los problemas de determinación de magnitudes físicas que requieren de la aplicación de los conceptos del cálculo infinitesimal* (Díaz, 2003).

En estudios posteriores se ha podido considerar en general el *trabajo con las magnitudes* como un adecuado interobjeto para el establecimiento de las relaciones interdisciplinarias entre la Matemática y la Física.

El concepto de *magnitud* se ha prestado tradicionalmente a diferentes interpretaciones y confusiones, se ha referido a variables tales como longitud, tiempo, masa, fuerza, pero también se ha empleado haciendo alusión a los valores concretos de estas.

En el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (DRAE) se plantea:

Magnitud. (Del lat. magnitūdo). f. Tamaño de un cuerpo. || 2. Grandeza, excelencia o importancia de algo. || 3. Astr. Medida logarítmica de la intensidad relativa del brillo de los objetos celestes, medida que es mayor cuanto menor es su luminosidad. || 4. Fís. Propiedad física que puede ser medida; p. ej., la temperatura, el peso, etc. (Enciclopedia Encarta, 2010).

La primera acepción se relaciona con la identificación de este concepto con el “tamaño” o valor de alguna variable que caracteriza un fenómeno, pero la cuarta, lo identifica con propiedades que pueden ser medidas.

Pero, ¿son las *magnitudes* propiedades que pueden ser medidas? No cabe duda que las magnitudes están relacionadas estrechamente con propiedades que pueden ser medidas.

En algunos textos modernos se utiliza el término *cantidades físicas* (traducido del inglés *quantity*) en lugar de lo que hemos denominado *magnitudes físicas* y el término *magnitud* (traducido del inglés *magnitude*) se asocia a los valores que toman.

Se entiende por magnitud: “propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia” (JCGM, 2012, 15).

Muchas veces se habla del valor numérico de la magnitud suponiendo que está incluida la unidad, pero si se incluye, entonces debemos decir “valor de la magnitud” de modo que el término valor numérico debe utilizarse cuando nos referimos solo al número.

En los trabajos de laboratorio aparece a menudo el valor de la magnitud acompañado de la *incertidumbre*, que expresa un rango razonable en que puede encontrarse el valor verdadero de la medición.

No obstante, en los ejercicios y problemas se expresa generalmente el valor de la magnitud por el valor numérico acompañado de la unidad. Es importante relacionar este valor numérico con el concepto de cifras significativas.

El ejemplo de la medición de pequeños objetos con una regla es útil para tal fin. La longitud de un objeto puede ser: $l = 4,6 \text{ cm}$ (el valor de la magnitud es $4,6 \text{ cm}$, el valor numérico es $4,6$). La no colocación de más cifras después de la décima de centímetro se debe a que la regla tiene como menor unidad el milímetro (una décima de centímetro) y por lo tanto no aprecia cifras más allá de este orden, de modo que el resultado presenta solo dos cifras significativas.

Durante las operaciones con valores de magnitudes deben aplicarse las reglas para el trabajo con las cifras significativas. Estas reglas aparecen en los textos de la asignatura Matemática, pero no siempre las demás asignaturas son consecuentes con ellas; y vemos que después de varias operaciones como productos, cocientes, etcétera, el resultado aparece con más cifras significativas de las que debiera.

En la conversión de unidades se observan también dificultades, se deben plantear correctamente las equivalencias y revisar cuidadosamente los resultados, estos deben conservar el número de cifras significativas; si se convierte a una unidad mayor el valor numérico disminuye y si se convierte a una unidad menor, el valor numérico aumenta.

Después de tener claro el significado de los términos *magnitud*, *valor de magnitud* y *valor numérico de la magnitud*, debe tratarse la existencia de diferentes sistemas de unidades y la necesidad histórica de unificar las unidades de medidas a nivel internacional. Esto llevó a la creación del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Debe destacarse que Cuba ha adoptado el SI, aunque en la práctica se emplean todavía unidades de otros sistemas, como es el caso de la libra y la pulgada, entre otras.

Se deben tratar sistemáticamente las magnitudes básicas y las derivadas del SI, las unidades correspondientes y las dimensiones. En la resolución de problemas se deben realizar los análisis de unidades para determinar la unidad en el resultado que se calcula y como vía para comprobar que la solución obtenida es correcta.

Es útil conocer las tablas sobre unidades básicas y sobre prefijos y sufijos para los múltiplos y submúltiplos de las unidades, y trabajar con estas durante el desarrollo de las clases de Matemática y de Física.

Tabla 1. Unidades básicas

Magnitud física básica	Unidad básica	Símbolo de la unidad	Símbolo dimensional
Longitud	metro	m	L
Masa	kilogramo	kg	M
Tiempo	segundo	s	T
Intensidad de la corriente eléctrica	ampere	A	I
Temperatura termodinámica	kelvin	K	Θ
Cantidad de sustancia	mole	mol	N
Intensidad luminosa	candela	cd	J

Adaptado de Sistema internacional de unidades. CEN. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba, 1988, Tabla 1, p.6.

Debe darse el orden que aparece en la tabla para las magnitudes y unidades básicas en correspondencia con la norma cubana y hacer notar que el *mole* como denominación de la unidad básica de cantidad de sustancia no debe confundirse con el *mol* que es su símbolo.

El resto de las unidades se denominan *unidades derivadas* y sus magnitudes correspondientes *magnitudes derivadas*. Las unidades derivadas se definen en función de las unidades básicas.

En el SI también se utilizan múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades, para ello se trabaja con prefijos que pueden resumirse:

Tabla 2. Prefijos para la formación de los múltiplos y submúltiplos

Factor	Prefijo	Símbolo
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Adaptado de Tabla 1, p6 y 7 de Norma Cubana. Sistema Internacional de Unidades. CEN. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba, 1988, Tabla 1,p.7.

Las magnitudes físicas se clasifican según su naturaleza matemática en escalares, vectoriales y espinoriales. Es necesario que al estudiar magnitudes como la velocidad y la fuerza (vectoriales) se destaque que presentan dirección y sentido a diferencia de otras como la masa, la densidad, etcétera que quedan completamente definidas por un número y una unidad. Las magnitudes vectoriales se diferencian de las escalares también por la forma en que se suman sus valores. La revisión de los programas de Metodología de la Investigación Educativa de la carrera permitió apreciar que entre sus contenidos fundamentales se encuentra el concepto de variable, la definición conceptual y operacional de variables y la elaboración de instrumentos para medir la variable.

Estos contenidos tienen una estrecha relación con el trabajo con magnitudes. Se deben explotar estos vínculos señalando que el concepto de medición en las ciencias sociales no se corresponde exactamente con el que se estudia en la Matemática y la Física, aunque sí se relaciona con este.

A partir del análisis teórico del tema, su conjugación con las dificultades observadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas en la formación inicial de profesores de Matemática-Física en Villa Clara y los debates realizados en el colectivo de profesores de la carrera, se ha podido precisar una serie de recomendaciones didácticas para perfeccionar el tratamiento a las magnitudes. Estas recomendaciones se han tenido en cuenta desde el curso 2010-2011 y han sido perfeccionadas con sistematicidad. Se presenta la versión actual que se emplea en nuestra universidad.

Recomendaciones didácticas para el tratamiento de las magnitudes en la formación inicial de profesores de Matemática-Física

- Considerar el tratamiento de las magnitudes como un valioso *interobjeto* para dar cumplimiento al enfoque interdisciplinario y especialmente para destacar las relaciones entre la matemática y la física.
- Utilizar el concepto de *magnitud* en relación con las variables que caracterizan cuantitativamente a las propiedades de los fenómenos y procesos que ocurren en la naturaleza (longitud, masa, tiempo, temperatura, densidad, fuerza, presión, intensidad de la corriente eléctrica, etcétera.) y no en el sentido del valor que toman las mismas (aunque esta otra acepción del término está aceptada por la Real Academia de la Lengua Española).

- Se debe trabajar la escritura de las magnitudes, las unidades, los símbolos correspondientes y el uso de los prefijos respetando las normas internacionales y las cubanas establecidas al respecto.
- Al presentar valores de las magnitudes se debe precisar que estos incluyen el valor numérico (solo el número) y una referencia, que generalmente aparece como unidad de medida. De modo que al decir *valor numérico* no se incluye la unidad de medida.
- Al operar con valores numéricos correspondientes a magnitudes medidas se deben respetar los criterios correspondientes al trabajo con las cifras significativas.
- Al realizar las conversiones de unidades debe revisarse cuidadosamente el resultado, para ello es útil enseñar a los estudiantes la regla: para una cantidad de magnitud determinada, el valor numérico de la magnitud es inversamente proporcional a la unidad escogida; si se convierte a una unidad menor el valor numérico aumenta y si se convierte a una unidad mayor, el valor numérico disminuye.
- Precisar la diferencia existente entre análisis de unidades y análisis dimensional evitando que se confundan ambos conceptos.
- Explicar la existencia de *unidades adimensionales*, como es el caso del radián y especificar que en la literatura más moderna se considera que tienen dimensión 1 y no 0, como aparece en muchos textos de física.

En la expresión: $[\theta] = \frac{[s]}{[r]} = \frac{L}{L} = L^0 = 1$, se considera que la dimensión del ángulo de giro

θ es 1, pero en muchos textos de física se dice que es cero, porque se considera como dimensión al exponente. No obstante, por razones históricas, se sigue diciendo que la magnitud es adimensional.

- En el caso del tratamiento de las magnitudes físicas se debe realzar la diferenciación entre magnitudes escalares y vectoriales. Al introducir cada nueva magnitud debe analizarse si es escalar o vectorial. Las magnitudes escalares se caracterizan completamente por un número y una unidad (este último elemento no se aclara en muchos textos). En el caso de las magnitudes vectoriales deben presentar valor (incluye número y unidad), dirección, sentido y sumarse de modo que se cumpla la regla del polígono y la del paralelogramo (suma de vectores), este último aspecto no siempre es aclarado en los textos. Para enfatizar en su importancia es recomendable utilizar el ejemplo de la corriente eléctrica, cuya intensidad es una magnitud escalar, a pesar de que se le puede asociar una dirección y un sentido.
- Se debe dar a conocer, al menos a un nivel informativo, que las magnitudes físicas, según su naturaleza matemática, pueden ser: escalares, vectoriales, tensoriales y espinoriales. Las definiciones más rigurosas de ellas se dan por la manera en que se comportan ante el giro del sistema de coordenadas con origen fijo.
- Utilizar problemas de determinación de magnitudes físicas para introducir los contenidos matemáticos y para consolidarlos posteriormente. Se puede emplear un problema de cinemática, cuya modelación requiera de una ecuación lineal para introducir este tipo de ecuación. Se puede emplear un problema sobre el cálculo de la velocidad instantánea para abordar el concepto de la derivada, o el cálculo del trabajo realizado por una fuerza para la integral definida.
- Seguir una metodología común en la resolución de problemas de determinación de magnitudes en las diferentes asignaturas. Se recomienda, como muchos autores, a partir de los trabajos de George Polya, asumir una estrategia general basada en los pasos: comprensión del problema, análisis de la solución, solución del problema y comprobación de la solución.
- Hacer explícita la relación que se da entre problema físico (de determinación de magnitudes) y problema matemático. Muchas veces la solución de un problema físico conduce a un problema matemático que, entre otros, puede ser: resolver un sistema de ecuaciones lineales, resolver una ecuación cuadrática, resolver una ecuación trigonométrica, calcular la derivada de una función. Se debe hacer referencia al problema matemático que se presenta (a veces ni se menciona) y a cómo se resuelve este tipo de problema según se estudió en Matemática y por último abordar la solución siendo consecuentes con ello y destacando las peculiaridades del caso físico concreto abordado.
- Hacer explícita la relación funcional entre las magnitudes físicas, si se trata de una proporcionalidad directa, una proporcionalidad inversa, si el modelo que describe las relaciones está dado por una función exponencial, etcétera.

- En el estudio de la metodología de la investigación educativa relacionar el concepto de variable y la medición de variables con el concepto de magnitud. Se debe destacar que en las ciencias sociales se ha considerado un concepto de medición más general, que se aplica a propiedades que pueden expresarse en las escalas: nominal, ordinal, de intervalo y de razón.
- Durante las actividades de la práctica laboral que realizan los estudiantes de la carrera en la escuela media, la asesoría y supervisión de los docentes debe tener en cuenta la orientación y evaluación del trabajo correcto con las magnitudes y unidades.
- En los trabajos investigativos de los estudiantes y en particular la tesis de licenciatura, se debe orientar y evaluar el trabajo riguroso con las magnitudes y sus unidades.

Conclusiones

El tratamiento de las magnitudes constituye un valioso *interobjeto* para el desarrollo del trabajo interdisciplinario en el proceso de formación inicial de profesores de Matemática-Física. Es imprescindible unificar criterios acerca de qué se entenderá por *magnitud*, *valor de la magnitud*, *valor numérico de la magnitud* y otros conceptos relacionados. Estos conceptos deben estar de acuerdo con las normas de metrología internacionales. Las recomendaciones didácticas que se ofrecen como resultado de este trabajo han sido discutidas y tenidas en cuenta por el colectivo de profesores de la carrera Matemática-Física en Villa Clara, y han contribuido al perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje en este contexto.

Bibliografía

- Abad, G y Fernández, K. (2013). Enseñar y aprender las ciencias desde un enfoque ciencia-tecnología-sociedad-medio ambiente. En *Didáctica de la educación media. Una aproximación* (págs. 85-98). La Habana: Pueblo y Educación .
- Addine F . (2013). *La didáctica general y su enseñanza en la educación superior pedagógica. Aportes e impacto* . La Habana : Pueblo y Educación .
- Álvarez, M, Almeida, B. y Villegas, V. (2014). *El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática* . La Habana: Pueblo y Educación .
- CEN. (1988). *Sistema internacional de unidades.. Editorial Pueblo y Educación*. La Habana.: Pueblo y Educación.
- Comisión Nacional de Carrera. (2012). *Indicaciones metodológicas y de organización de la carrera Licenciatura en Educación Matemática-Física*. La Habana.
- Comisión Nacional de Carrera. (2012). *Modelo del profesional de la Licenciatura en Educación Matemática-Física*. La Habana.
- Díaz, A. (2003). *Modelo teórico con enfoque interdisciplinario para la formación de los conceptos del cálculo infinitesimal en la preparación de profesores de física y de ciencias exactas*. (Tesis doctoral). Santa Clara, Cuba.
- Enciclopedia Encarta . (2010).
- González, M. (2012). *Enseñar lógica y aprender con lógica: reflexiones desde la práctica*. La Habana : Pueblo y Educación .
- JCGM. (2012). *Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados*.
- Sánchez-Toledo, M.E y Benita, M. (2013). *Estudio de las corrientes y tendencias del pensamiento contemporáneo acerca de la educación*. La Habana : Pueblo y Educación .
- Young, H. y Freedman, R. (2013). *Física universitaria. Volumen 1. Décimo tercera edición* . México: Pearson.