



Grado en Ciencias Ambientales **25206 - Bases físicas del medio ambiente**

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **Jesús Ignacio Beamonte San Agustín** beamonte@unizar.es

- **Cesar González Cebollada** cesargon@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para seguir adecuadamente esta materia es muy conveniente haber cursado las asignaturas de Física y de Matemáticas de 2º de Bachiller.

Por otra parte, durante el semestre es imprescindible el estudio y el trabajo continuados, tanto por la naturaleza de esta disciplina, como por la posibilidad de realización de pruebas breves de autoevaluación.

Actividades y fechas clave de la asignatura

Para superar las prácticas de laboratorio se tendrá en cuenta, en primer lugar, que es recomendable haber asistido a las cinco sesiones detalladas en el apartado de actividades y se valorarán especialmente los resultados obtenidos, la calidad del informe correspondiente y la actitud del estudiante en el laboratorio.

Además, cada estudiante realizará un trabajo en grupo, con el asesoramiento y tutoría del profesor. Al igual que en el caso anterior, se valorarán las características del informe escrito y la claridad, el orden y la capacidad de responder a las preguntas que se planteen durante la exposición ante el profesor y el resto del grupo. La fecha de la prueba global escrita en las convocatorias oficiales puede consultarse [aquí](#).

El calendario semanal de entregas de informes de laboratorio, y de entrega y exposición de trabajos, está publicado en esta misma guía en el cronograma del último apartado.

No obstante todo lo anterior, el estudiante podrá realizar las actividades mencionadas anteriormente al finalizar el semestre, según se detalla en el apartado de evaluación de esta misma guía.

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:** Enuncia, sintetiza, analiza, relaciona y aplica los principios y fundamentos básicos de Física de Fluidos, Termodinámica, Ondas, Electricidad y Magnetismo.
- 2:** Interpreta cuantitativa y cualitativamente los resultados obtenidos en la resolución satisfactoria de determinados casos basados en fenómenos y procesos relacionados con el medioambiente.
- 3:** Expresa adecuadamente, en fondo y forma: claridad, organización..., tanto de forma oral como escrita, los métodos, los procesos, los resultados obtenidos y el análisis de los mismos en los casos encomendados para su estudio.
- 4:** Elabora trabajos e informes de laboratorio haciendo un uso adecuado de las TIC (procesador de textos, hoja de cálculo, búsquedas bibliográficas en internet...) en relación a los fenómenos anteriores.
- 5:** Ejecuta trabajos de laboratorio encomendados en los que el alumno demuestre que es capaz de hacer un uso adecuado de la instrumentación básica en Física.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura está programada en Primer Curso, Segundo Cuatrimestre, y es de formación básica propia de la Rama de Ciencias. Se encuentra ubicada en el plan de estudios en el "Módulo 1. Interpretación del medio como sistema" que se organiza en torno a la competencia fundamental de un experto en medio ambiente de ser capaz de interpretar un medio identificando todos sus factores constituyentes, los procesos y las interacciones que tienen lugar. Esto conlleva conocimientos fundamentales de todos los sistemas, comprendiendo su constitución y procesos fundamentales y allí es dónde esta asignatura contribuye directamente junto con otras dos, también básicas, como son la Biología y las Bases Químicas del Medio Ambiente.

A lo largo del estudio de esta asignatura, podremos dar respuestas a preguntas como:

¿Qué importancia tiene el fenómeno físico de la capilaridad en el ascenso de la savia en los árboles?

¿Puede el vertido del agua de refrigeración de una central térmica llegar a perturbar la fauna de un río?

¿Cómo se intensifica la sensación sonora cuando se superponen varios sonidos que están próximos al umbral de dolor?

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Se pretende, con la docencia de esta asignatura, proporcionar explicaciones científicas a los fenómenos físicos directamente relacionados con el medio ambiente, especialmente aquellos correspondientes a los campos de los fluidos, de la termodinámica, del movimiento ondulatorio y del electromagnetismo.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Los contenidos de esta materia sirven de base para otras de cursos posteriores como Meteorología y Climatología, Bases de la Ingeniería Ambiental, las diferentes asignaturas de Contaminación (Atmosférica, Radiactiva y Acústica), Hidrogeología Ambiental, Ecosistemas Fluviales y Tecnologías Limpias-Energías Renovables.

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:** El conocimiento básico y la comprensión de la Mecánica de Fluidos, Termodinámica, Ondas, Electricidad y Magnetismo, así como su aplicación concreta a los fenómenos y procesos relacionados con el medioambiente.
- 2:** Interpretar cuantitativa y cualitativamente los datos.
- 3:** Utilizar adecuadamente las TIC (procesador de textos, hoja de cálculo, búsquedas bibliográficas en internet...).
- 4:** Adquirir, desarrollar y ejercitar las destrezas necesarias para el trabajo de laboratorio y la instrumentación básica en Física.
- 5:** Analizar y sintetizar.
- 6:** Comunicarse de forma oral y escrita.
- 7:** Gestionar la información.
- 8:**
Resolución de problemas.
Resolver problemas.
- 9:** Trabajar en equipo.
- 10:** Trabajar de forma autónoma.
- 11:** Desarrollar habilidades de compromiso personal.

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

Las competencias que forma esta asignatura son relevantes porque contribuyen al conocimiento básico de los sistemas físicos y su funcionamiento mediante el análisis de los fenómenos y procesos físicos más elementales desde el punto de vista científico, todos ellos relacionados con el medio ambiente. Además, llevan implícito el desarrollo, en el estudiante, de habilidades de pensamiento de orden superior como el razonamiento, la solución de problemas y el pensamiento crítico. Como asignatura de formación básica que es, sirve de sustento a un amplio grupo de asignaturas de cursos posteriores.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

1:

Realización de una prueba global presencial al final del semestre, que estará constituida por:

- 1) Examen presencial escrito con arreglo al programa de teoría de la asignatura, según calendario de [exámenes](#) de la EPS.
- 2) Realización, presentación y defensa oral de un trabajo en grupo, consistente en un caso práctico en el que se ponga de manifiesto la relación entre los contenidos de la asignatura y el medio ambiente.
- 3) Un conjunto de prácticas de laboratorio , un cuestionario de preguntas tipo test en cada una de ellas y la presentación en plazo de los informes correspondientes.

2:

Las actividades de evaluación 2 y 3 se pueden realizar, y es lo recomendado, a lo largo del curso en las fechas señaladas en la planificación temporal de la asignatura o en las convocatorias oficiales del curso.

Primera Convocatoria

En la fecha oficial especificada en el [calendario de exámenes](#) del centro.

Para poder superar la asignatura, a la Prueba Global deben presentarse todos los alumnos.

Aquellos estudiantes que no hayan realizado el Trabajo, y deseen hacerlo, deberán contactar con el profesorado responsable de la asignatura para que les asigne el tema del mismo, el cual deberá exponerse el día de la fecha oficial de examen.

En el caso de que un estudiante no haya realizado las Prácticas de Laboratorio a lo largo del semestre, deberá hacerlo el día de la fecha oficial de examen, conforme a lo establecido en la actividad de evaluación 3.

Para los estudiantes que soliciten cambio de fecha, de acuerdo con los supuestos especificados en el Artículo 5 del Reglamento de Normas de Evaluación del Aprendizaje, la Prueba Global tendrá las mismas características y restricciones que la realizada en la fecha de la [convocatoria oficial](#).

Segunda Convocatoria

En la fecha oficial especificada en el [calendario de exámenes](#) del centro.

Los estudiantes que tengan aprobadas algunas de las actividades realizadas durante el curso, no tendrán que volver a realizarlas.

La prueba global tendrá la misma estructura, restricciones y condiciones que en la primera convocatoria.

Criterios de evaluación

Criterios de Evaluación

Prácticas de Laboratorio

En la evaluación de las prácticas de laboratorio, la nota obtenida dependerá de:

- a) La calificación obtenida en los cuestionarios tipo test realizados antes del comienzo de cada práctica.
- b) La exactitud de los resultados obtenidos en las diferentes secciones de cada práctica.
- c) La calidad de los informes entregados al finalizar cada una de las prácticas. Las pautas de valoración están recogidas en el documento Normas Generales para la Elaboración de Informes.

d) La participación activa y el interés demostrado por cada uno de los integrantes del grupo durante el desarrollo de la sesión de laboratorio.

Cada práctica se puntuará de 0 a 10 y aunque su ejecución se realice por parejas y sólo se entregue un informe, los integrantes de dicha pareja podrán obtener calificaciones diferentes. Una vez realizadas todas las sesiones, la puntuación obtenida en las Prácticas de Laboratorio será sobre un máximo de 10. Si la nota conseguida es inferior a 5, la asignatura no se considerará aprobada. Su peso en la calificación final de la asignatura será del 20%. Esto quiere decir que, como máximo, contribuirá con 2 puntos a la calificación final.

Trabajo en Grupo

Cada estudiante efectuará un trabajo, enmarcado en las actividades académicamente dirigidas, que se evaluará teniendo en cuenta la corrección de los resultados obtenidos, así como la calidad de la presentación del trabajo escrito y la claridad, el orden y la capacidad de responder a las preguntas que se planteen durante la exposición ante el profesor y el resto del curso. Se debe tener en cuenta que aunque la ejecución de este trabajo se realice en grupo, sus integrantes podrán obtener calificaciones diferentes. Esta actividad se calificará con un máximo de 10 puntos, y su repercusión en la nota final de la asignatura será del 10%.

Examen Global

Por último, se llevará a cabo un examen presencial correspondiente a la convocatoria oficial que constará de problemas y cuestiones de opción múltiple. Los criterios generales aplicados en la corrección de los exámenes, serán:

Se valorará favorablemente:

- La comprensión de las leyes, teorías y conceptos físicos.
- La destreza y habilidad en el manejo de las herramientas matemáticas.
- La utilización correcta de las unidades en las magnitudes físicas.
- La claridad en los esquemas, figuras y representaciones gráficas.
- El orden, la presentación e interpretación de resultados.

Se valorará desfavorablemente:

- La ausencia de explicaciones en el desarrollo de los problemas.
- El desorden y la mala presentación.
- Las faltas de ortografía.

Se calificará sobre 10 y su repercusión en la nota final será del 70 %. Si la nota conseguida en esta prueba es inferior a 4, la asignatura no se considerará aprobada, independientemente de las notas obtenidas en el resto de las actividades que se evalúan.

Evaluación Global

El sistema mediante el que el estudiante es evaluado en esta asignatura es el de *Evaluación Global*, consistente en: Trabajo, Prácticas de Laboratorio y Prueba presencial escrita.

Resumiendo todo lo anterior, la calificación final sobre 10 (teniendo en cuenta las restricciones especificadas anteriormente), será la obtenida aplicando la siguiente fórmula:

Calificación Final (C.F.) = 70% nota examen + 20% nota prácticas de laboratorio + 10% nota trabajo

Si no se alcanzan los requisitos mínimos exigidos en el Examen Global (4 puntos sobre 10) y en las Prácticas de Laboratorio (5 puntos sobre 10), la asignatura no se considerará aprobada aunque la calificación final (C.F.), según la ponderación arriba indicada, sea igual o superior a 5. En este caso:

Si C.F. $\geq$ 4, la calificación final será: suspenso, 4.

Si C.F. $<$ 4, la calificación final será: suspenso, C.F.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

Sesiones teóricas que consistirán, fundamentalmente, en lecciones magistrales participativas. Dentro de éstas cabe destacar las dedicadas a la resolución de problemas, en las que se promoverá la participación de los alumnos de forma más intensa que en las dedicadas a la exposición de los contenidos teóricos.

Las **sesiones de laboratorio** (en número de cinco), consistirán en la realización, por parejas, de lo detallado en el programa de prácticas y en la elaboración de un informe conteniendo los resultados obtenidos en las mediciones y las respuestas a las preguntas planteadas en el correspondiente guión. En la elaboración de dicho informe, los alumnos deben cumplir lo establecido en las Normas correspondientes.

Por último, dentro de las actividades académicamente dirigidas se llevará a cabo, por grupos de 3 estudiantes, la resolución de un *trabajo práctico*, especialmente enfocado a la aplicación de conceptos físicos al campo de las ciencias ambientales. Cada grupo tendrá varias sesiones de tutoría grupal en las que irán presentando al profesor sus avances y las dificultades que les vayan surgiendo. Finalmente, todos los grupos tendrán que realizar una exposición ante el profesor y el resto de los alumnos de la asignatura, de los resultados obtenidos en su trabajo y estar dispuestos a responder a cuantas aclaraciones o preguntas se les formulen por parte de la audiencia. Para esta exposición deberán utilizar las aplicaciones informáticas apropiadas.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

1:
Sesiones teóricas y prácticas de resolución de problemas en el aula

Al comenzar cada tema, se le proporciona al alumno, tanto el contenido teórico que el profesor va a exponer en clase como una colección de ejercicios con sus soluciones numéricas, de los cuales se resuelven algunos en el aula, quedando el resto para trabajo no presencial del estudiante.

2:
Prácticas de laboratorio

Antes de comenzar el periodo de prácticas el alumno puede disponer de un cuaderno con los guiones de las cinco prácticas que tiene que realizar en el laboratorio, así como una información preliminar sobre la correcta presentación de los informes que deberá entregar.

3:
Sesiones de tutorización

En grupos de tres estudiantes, con la finalidad de asesorarles en la realización del trabajo académicamente dirigido propuesto por el profesor. La temática del mismo se asigna por sorteo. Para su realización resulta de gran ayuda la consulta de la bibliografía recomendada, tanto básica como complementaria.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Se estima que un estudiante medio debe dedicar a esta asignatura, de 6 ECTS, un total de 150 horas, aproximadamente, que deben englobar tanto las actividades presenciales como las no presenciales. La dedicación a la misma debe procurarse que se reparta de forma equilibrada a lo largo del cuatrimestre. Con esta previsión, la carga semanal del estudiante, en horas, queda reflejada en el siguiente cronograma:

Tipo de Actividad / Semana	<u>1</u>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Actividad Presencial</i>										
<i>Teoría</i>	4	3	1	4	0	1	2	0	3	0

Problemas		1	1		2	1			1	2
Prácticas de laboratorio			2		2					2
Presentación trabajos						2				
Evaluación										
Actividad No Presencial										
Trabajo individual	4	4	2	4	2	2	6	8	4	2
Trabajo en grupo			3		3	3				3
TOTAL	8	8	9	8	9	9	8	8	8	9
Tipo de Actividad / Semana	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
Actividad Presencial										61
Teoría	4	0	3	0	1	2				28
Problemas		2		2	1					13
Prácticas de laboratorio		2		2						10
Presentación trabajos					2	2				6
Evaluación							4			4
Actividad No Presencial										87
Trabajo individual	4	2	5	2	2	2	8			63
Trabajo en grupo		3		3	3	3				24
TOTAL	8	9	8	9	9	9	12			148

Programa de Teoría

Bloque I: Física de Fluidos

- Tema 1: Estática de Fluidos
- Tema 2: Dinámica de Fluidos

Bloque II: Termodinámica

- Tema 3: Temperatura y Calor
- Tema 4: Primer Principio de la Termodinámica
- Tema 5: Segundo Principio de la Termodinámica

Bloque III: Ondas

- Tema 6: Movimiento Oscilatorio
- Tema 7: Movimiento Ondulatorio

Bloque IV: Electromagnetismo

- Tema 8: Electrostática
- Tema 9: Electrodinámica
- Tema 10: Magnetismo
- Tema 11: Inducción electromagnética
- Tema 12: Corriente Alterna
- Tema 13: Ondas Electromagnéticas

Programa de Prácticas de Laboratorio

Práctica 1.- Mecánica de sólidos y fluidos

- a) Dilatación de sólidos.

- b) Comprobación de la ecuación fundamental de la estática de fluidos y del principio de Arquímedes. Medida de la densidad de un cilindro.
- c) Medida de velocidades medias de fluidos utilizando la ecuación de continuidad.
- d) Comprobación de la ecuación de Bernoulli.
- e) Medida de velocidades en flujos turbulentos.

Práctica 2.- *Energía calorífica*

- a) Determinación de la capacidad calorífica de un calorímetro.
- b) Determinación del calor específico de los líquidos.
- c) Determinación del calor específico de los sólidos.

Práctica 3.- *Movimiento oscilatorio: el péndulo simple*

- a) Determinación del período y de la aceleración de la gravedad.
- b) Estudio de la variación del período de un péndulo simple con la longitud.
- c) Determinación del periodo de un péndulo simple para grandes oscilaciones.

Práctica 4.- *Ley de Ohm. Asociación de resistencias*

- a) Medida de resistencias y cálculo de errores.
- b) Representación gráfica de la ley de Ohm.
- c) Determinación de la distribución de voltaje en un circuito en serie
- d) Determinación de la distribución de corrientes y potencias en un circuito serie-paralelo.

Práctica 5.- *Carga y descarga de un condensador en un circuito RC en serie*

- a) Variación de la intensidad y del voltaje en función del tiempo.
- b) Determinación del tiempo de relajación del circuito.

Normas para la Elaboración de Informes

Normas Generales para la Elaboración de Informes de Laboratorio

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comienzo de cada práctica se debe entregar al profesor el informe correspondiente a la práctica anterior, para su corrección y calificación. **Es necesario demostrar, tanto en las respuestas de las cuestiones previas como en la calidad de los informes, un aprovechamiento mínimo.**

A continuación se dan algunas normas generales y consejos acerca de la organización y contenido de estos resúmenes.

- En los guiones de las prácticas existe una introducción teórica que no es necesario, en general, repetir. Sí es conveniente, sin embargo, redactar una breve introducción en la que se comente **y discuta** la metodología y objetivos de la práctica.
- A continuación se presentan de una forma ordenada los datos medidos en el laboratorio y los resultados a que conducen

tras su elaboración. Siempre que sea posible, los datos y los resultados deben presentarse en una o varias tablas. Las unidades en que están expresadas las diversas magnitudes deben aparecer explícitamente en la cabecera de las tablas. **Además, no se debe olvidar nunca poner las unidades en que se expresan datos y resultados.**

- Con frecuencia, se va a medir la dependencia de una magnitud o variable, y , con otra variable, x ; por ejemplo, el estiramiento de un resorte en función de la carga que se cuelga de él. En estos casos, las medidas realizadas deben presentarse tanto en una tabla como en una **representación gráfica realizada en papel milimetrado**. En ella **deben aparecer claramente remarcados los puntos experimentales** (x, y) medidos en el laboratorio (mediante una cruz, aspa o "punto gordo"). Si en una misma gráfica se presentan varias dependencias $y_1(x)$, $y_2(x)$, emplear colores o símbolos diferentes para representar los puntos experimentales de cada una de ellas, para poder distinguirlos claramente.

- En las gráficas debe representarse también, en **trazo continuo**, la dependencia del tipo esperado teóricamente que mejor se ajuste a los puntos experimentales medidos (**no una línea quebrada saltando de punto a punto**). En particular, si la dependencia esperada es de tipo lineal, $y = a \cdot x + b$ (como sucede en varias prácticas), junto a los puntos experimentales ha de representarse la recta que mejor se ajusta a los mismos, **cuyos parámetros a y b se determinan empleando el método estadístico de mínimos cuadrados**.

- En las gráficas **debe realizarse una elección adecuada de las escalas en los ejes x e y** , de forma que la dependencia $y(x)$ quede claramente puesta de manifiesto. Por ejemplo, si la variable x para los diversos puntos experimentales toma valores entre $x = 21$ y $x = 24$ unidades, el eje x de la gráfica debe cubrir aproximadamente (por exceso) este rango de variación, y no mucho más. En concreto, para el ejemplo anterior sería razonable escoger una escala para el eje x que cubriese en el papel milimetrado el rango $x = 20 - 25$, pero no tendría ningún sentido escogerla cubriendo el rango $x = 0 - 25$ (los puntos aparecerían prácticamente en vertical, sin que se pudiera apreciar la dependencia con x). Por supuesto, lo mismo puede decirse en cuanto a la elección de la escala para el eje y . **La escala escogida debe indicarse sobre los propios ejes** en divisiones equidistantes, sin olvidar **poner las unidades** en las que se expresan las variables.

- Los resultados numéricos, generalmente, se obtienen como promedio de una serie de medidas independientes de la misma magnitud. En estos casos, supuesto que los posibles errores en cada medida son aleatorios, es posible determinar el error probable R del resultado promedio. El valor de R frente al de x nos da una idea de la precisión en la determinación de x con el método de medida empleado (cuanto menor sea R frente a x , más precisa es la determinación). Para poner de manifiesto la precisión del resultado, es costumbre expresarlo en la forma $x \pm R$. Por ejemplo, si se mide varias veces el período T de oscilación de un sistema y a partir de las diversas medidas se obtiene $T = 1.25764$ s y un error probable $R = 0.013$ s, el resultado se indica en la forma $T = 1.258 \pm 0.013$ s.

- Nótese en el ejemplo anterior la eliminación de dígitos no significativos de T (en comparación con el valor de R) a la hora de dar el resultado. En otros casos, cuando la medida de una magnitud x es directa (no se obtiene a partir de un promedio de medidas), el número de dígitos con que debe expresarse el resultado es el acorde con la precisión estimada para los aparatos de medida empleados para obtenerla (rara vez mas de tres o cuatro, salvo que el método y el instrumental de medida sean de gran precisión). Por ejemplo, si el resultado de operar con unos datos experimentales es $x = 53.032.794,23$ unidades y la precisión de las medidas es $\pm 1\%$, la forma correcta de indicarlo es $x = 5,30 \times 10^7$, eliminando los dígitos no significativos (fuera de precisión).

- Por último, en el resumen de toda práctica debe aparecer una **discusión objetiva** del método de medida y de los resultados obtenidos. Recordar que, a la hora de valorar el aprovechamiento en la realización de una práctica a través de su resumen, la objetividad de la discusión es tan importante, o más que la exactitud de los resultados. Por ello, hay que insistir en la necesidad de **realizar la práctica y la toma de datos y notas desde un punto de vista lógico, crítico y cuantitativo** (es decir, científico). En este sentido, los comentarios ambiguos o subjetivos suelen estar fuera de lugar porque son inútiles.

- En concreto, hay que discutir cuantitativamente la exactitud y precisión de los resultados, teniendo en cuenta la precisión del método y aparatos de medida, los errores probables de las determinaciones promedio o ajustes estadísticos a una recta, la influencia de aproximaciones en las previsiones teóricas, las dificultades de realización práctica con respecto al método ideal, etc. Comentarios como "creemos que el resultado es bastante exacto", sin indicar por qué y "cuánto" de exacto (% de error probable estimado o calculado) no tienen ningún sentido físico.

- A menudo, la práctica va a consistir en determinar experimentalmente el valor de una constante fundamental o de una magnitud de suficiente interés real como para que aparezca recogida en las tablas que se presentan en muchos libros de texto. En estas ocasiones es necesario realizar una **comparación entre su valor real y el obtenido** a partir de las medidas en el laboratorio, discutiendo las posibles fuentes de error que justifiquen la diferencia entre ambos, si existe.

- También, a veces, se va a medir una misma magnitud empleando varios métodos diferentes. En estos casos es necesario **discutir la precisión y exactitud** de cada uno de los valores obtenidos, comparando la precisión y posibles problemas experimentales de cada método.

- Por último, recordar que las expresiones para obtener los errores absoluto y relativo, son:

Error absoluto: $E_a = V_e - V_m$ (se expresa en las mismas unidades que la magnitud)

Error relativo: $E_r = [E_a / V_e] \times 100$ (se expresa en %)

donde: V_e es el valor exacto de la magnitud (el valor bibliográfico o bien el obtenido al aplicar una fórmula).

V_m es el valor medido experimentalmente de la magnitud.

Ambos tipos de errores pueden tener signo positivo o signo negativo.

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Burbano de Ercilla, Santiago. Física general / Santiago Burbano de Ercilla, Enrique Burbano García, Carlos Gracia Muñoz . 32ª ed. Madrid : Tébar, D.L. 2003
- Burbano de Ercilla, Santiago. Problemas de física general / Santiago Burbano de Ercilla , Enrique Burbano García, Carlos Gracia Muñoz. 26ª ed. Zaragoza : Mira Editores, D.L.1994
- Español Garrigós, Pep. Bases físicas del medio ambiente / Pep Español, Javier García Sanz, Ignacio Zúñiga . 1ª reimp. Madrid : UNED, 2004 (reimp.2005)
- Física universitaria / Francis W. Sears ... [et al.] ; contribución de los autores, A. Lewis Ford ; traducción, Roberto Escalona García ; revisión técnica, Jorge Lomas Treviño ... [et al.] . 11ª ed. México : Pearson Educación, cop. 2004
- Gettys, W. Edward. Física para ciencias e ingeniería / W. Edward Gettys, Frederick J. Keller, Malcolm J. Skove ; traducción, Luis Arizmendi López, José A. García Sole, Carlos E. Zaldo Luezas ; revisión técnica, Ángel Hernández Fernández, Sergio Saldaña Sánchez, María del Carmen Enriqueta Hano Roa. 2a ed. México : McGraw Hill Interamericana, cop. 2005
- González, Félix A.. La física en problemas / Félix A. González . Nueva ed. actualizada Madrid : Tébar Flores, D.L. 2000
- Jaque Rechea, Francisco. Bases de la Física Medioambiental / Francisco Jaque e Íñigo Aguirre de Cárcer . Barcelona : Ariel , 2002
- Problemas y cuestiones de física / Atanasio Lleó...[et.al] . Madrid [etc] : Mundi-Prensa, 2002
- Serway, Raymond A. Física para ciencias e ingeniería / Raymond A. Serway, Robert J. Beichner . 5ª ed. México [etc.] : McGraw-Hill, cop. 2002
- Smith, C. (2001). Environmental physics. London: Routledge
- Spiegel, Murray R.. Manual de fórmulas y tablas matemáticas : 2400 fórmulas y 60 tablas / Murray R. Spiegel ; traducción y adaptación Orlando Guerrero Ribero . [1a ed. en español, reimp.] Madrid [etc] : McGraw-Hill, imp. 2003
- Tipler, Paul A.. Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 1, Mecánica , oscilaciones y ondas, termodinámica / Paul A. Tipler, Gene Mosca ; [coordinador y traductor José Casas-Vázquez ; traductores Albert Bramon Planas ... et al.]. - 6ª ed. Barcelona : Reverté, D.L. 2010
- Tipler, Paul A.. Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2, Electricidad y magnetismo, luz / Paul A. Tipler, Gene Mosca ; [coordinador y traductor José Casas-Vázquez ; traductores Albert Bramon Planas ... et al.]. 6ª ed. Barcelona : Reverté, D.L. 2010