Física mecánica

Nivelación para estudiantes universitarios

Lily Arrascue Córdoba

Física mecánica

Nivelación para estudiantes universitarios

Lima, julio de 2014

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Lily Arrascue Córdova

© Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)

Primera publicación: julio de 2014

Impreso en el Perú - *Printed in Peru*

Corrección de estilo: Gabriela Vargas

Diseño de cubierta: Germán Ruiz Ch.

Diagramación: Diana Patrón Miñán

Editor del proyecto editorial

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas S. A. C.

Av. Alonso de Molina 1611, Lima 33 (Perú)

Teléf: 313-3333

www.upc.edu.pe

Primera edición: julio de 2014

Libro electrónico disponible en <http://www.upc.edu.pe/ebooks>

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Centro de Información

Arrascue Cordova, Lily. Física mecánica: nivelación para estudiantes universitarios.

Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2014

ISBN de la versión impresa: 978-612-4191-29-9

ISBN de la versión e-book: 978-612-4191-34-3

FISICA, MECANICA, UNIDADES DE MEDIDA, CINEMATICA, LEYES DE NEWTON,
VECTORES, EJERCICIOS DE APLICACIÓN

531 ARRA

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo, por escrito, de la editorial.

El contenido de este libro es responsabilidad de los autores y no refleja necesariamente la opinión de los editores.

Contenido

Prólogo	5
Introducción	6
Unidad 1. Magnitudes y medida	7
Capítulo 1. Unidades y sistema de unidades	8
Capítulo 2. La medida	27
Capítulo 3. Vectores y operaciones con vectores	47
Unidad 2. Cinemática	73
Capítulo 4. Definiciones de cinemática	74
Capítulo 5. Movimiento rectilíneo uniforme	96
Capítulo 6. Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)	124
Capítulo 7. Caída libre	145
Capítulo 8. Movimiento parabólico	168
Unidad 3. Leyes de Newton	179
Capítulo 9. Fuerzas y leyes de Newton	180
Capítulo 10. Equilibrio de partículas	205
Capítulo 11. Segunda ley de Newton	227
Unidad 4. Trabajo, energía mecánica y su conservación	258
Capítulo 12. Trabajo y potencia	260
Capítulo 13. Energía mecánica. Ley de conservación de la energía mecánica	284
Respuestas	309
Ejercicios de repaso	342
Bibliografía	363

| Prólogo

Física Mecánica es un libro que tiene como objetivo fundamental presentar los conocimientos de física de forma muy sencilla, al lograr que estos se relacionen con situaciones reales y cotidianas para los estudiantes. En el texto, Lily Arrascue desarrolla toda su capacidad para encontrar aplicaciones a la física alrededor nuestro. Además, la autora plantea tres aspectos importantes para que los lectores acometan la tarea del aprendizaje de física.

El primer aspecto importante de esta obra se refiere a cómo la profesora Arrascue propone cada punto de la temática, al ligar el conocimiento con una situación real próxima al alumno. Gracias a su experiencia en la docencia, sabe que los universitarios de los primeros ciclos pueden aproximarse a la física de manera óptima a través de demostrarles que estos conocimientos los podemos encontrar cerca. Por lo tanto, la idea de enseñar a los estudiantes que vivimos rodeados de un mundo en el que a cada instante se ponen en práctica los conceptos de física, da resultados al despertar el interés por esta.

Ejercer la docencia universitaria en cursos de ciencias hace que los profesores nos esforcemos cada día en la elaboración de materiales que logren capturar el interés de nuestros alumnos por aprender. El segundo aspecto importante es que en *Física Mecánica* se puede apreciar la presentación de forma muy sencilla de los diferentes conceptos ligados a la física. Estos conceptos e ideas teóricas serán mejor recibidos e interiorizados por los estudiantes a medida que sean expresados en forma sencilla y al alcance de los interesados. En este sentido, la profesora Lily Arrascue ha logrado hacer un arreglo muy interesante y adecuado de conceptos de la física mecánica que logra cubrir el espectro necesario para los alumnos a los cuales se orienta el libro.

El tercer aspecto que presenta la obra se refiere a la naturaleza de los estudiantes de estos días, que buscan siempre la aplicación de los conocimientos que van adquiriendo. Esta es una premisa que Lily sabe aprovechar muy bien a lo largo de *Física Mecánica*. El texto propone muchas aplicaciones que se dan de inmediato al presentar los conceptos. El tema de los ejercicios es de gran ayuda para el alumno porque este puede ir verificando la adquisición de los conocimientos poco a poco a través de la práctica. *Física Mecánica* contiene muchos ejercicios resueltos a modo de ejemplos, además la autora plantea otros para que el lector los resuelva y coloca las respuestas al final del libro y propone un grupo que funciona como autoevaluación cuando termina cada capítulo, lo que permitirá que el estudiante independientemente pueda obtener un diagnóstico de cómo está a nivel de aplicación de los conocimientos adquiridos. Lograr que el alumno ponga en práctica rápidamente lo aprendido a través de la ejercitación es la propuesta principal del texto.

Finalmente, se puede concluir que el libro *Física Mecánica*, escrito por la profesora Lily Arrascue, es una buena alternativa para la enseñanza de conceptos de mecánica en física que se adapta muy bien a la forma de aprendizaje que desarrollan los estudiantes de hoy. Su mayor fortaleza radica en que de forma sencilla, con muchas situaciones reales, el estudiante aprende.

Introducción

El presente libro está destinado al aprendizaje de la Física en un nivel introductorio para los estudiantes de ingeniería y arquitectura.

Para ello, repaso los temas de física clásica en cuatro unidades: Magnitudes y medida, Cinemática, Dinámica, y Trabajo y Energía mecánica y su conservación. Todo ello a través de un contenido desarrollado de tal manera que el estudiante construya por sí mismo el conocimiento necesario para enfrentar exitosamente los retos que emprenderá en cada tema.

Cada unidad consta de capítulos, los cuales presentan una introducción conceptual con ejemplos resueltos, preguntas y problemas, actividades y ejercicios de autoevaluación.

El propósito de la introducción conceptual es presentar al estudiante, a lo largo de todas las unidades, conceptos físicos de manera sencilla, pero con la rigurosidad que lo ameritan. En los ejemplos resueltos se toma en cuenta los conocimientos previos adquiridos por el estudiante, no solo en la física sino en la matemática, para explicar diversas situaciones de la vida real. El objetivo de preguntas y problemas, radica en que el estudiante tendrá un espacio en el cual podrá aplicar lo aprendido a situaciones reales, analizar e interpretar resultados. El alumno cuenta también con un espacio en el cual puede autoevaluarse; en este se presenta una selección de ejercicios, de manera que los interesados desarrollan progresivamente sus habilidades de cálculo y, en general, sus competencias científicas.

La mayoría de unidades presenta una actividad específica, la cual puede realizarse por el estudiante de manera individual o grupal fuera del aula de clase. En ella, el alumno podrá afianzar sus conocimientos adquiridos en el aula de clase y de esta manera promover su trabajo autónomo.

Una de las características que distingue al compendio de otros similares es que, a partir del capítulo de vectores, se emplea la notación vectorial en todos los temas. Además, para que el estudiante resuelva un determinado problema debe primero leer con detenimiento el enunciado del mismo y encontrar la palabra clave que le permita discernir qué ley debe utilizar en su solución.

En todo el texto se toma en cuenta el Sistema Legal de Unidades y Medidas del Perú.

Se debe resaltar que el nivel matemático requerido para enfrentar los problemas y ejercicios propuestos es básico, es decir no es necesario conocimientos del cálculo.

Al final del ejemplar se presenta una buena cantidad de ejercicios de repaso de cada unidad.

Espero que este libro sea de mucha utilidad en el proceso formativo inicial de los futuros ingenieros y arquitectos.

Agradezco el apoyo del profesor Yuri Milachay, Jorge de la Flor y también al revisor Anthony Macedo por sus contribuciones en la mejora de esta obra.

Finalmente, quiero expresar mi enorme gratitud a Fernando Sotelo Raffo, Director del Área de Ciencias de la Universidad, por tener confianza y darme la oportunidad de hacer realidad esta obra.

Unidad 1

Magnitudes y medida

Capítulo 1. Unidades y sistema de unidades

Conoce el concepto de magnitud, fundamenta la importancia del SI y aplica sus reglas

1.1. Unidades y sistemas de unidades

1.1.1. Magnitud física

Se denomina «magnitud» a cierta propiedad o aspecto observable de un sistema físico que puede ser expresado en forma numérica. En otros términos, las magnitudes son propiedades o atributos que se pueden medir. La longitud, la masa y el volumen son ejemplos de magnitudes físicas ya que siempre se pueden expresar a través de números acompañados de una unidad: 5 metros, 2 kilogramos, 6 metros cúbicos.

Una de las tareas de la física consiste en establecer relaciones entre las diversas magnitudes físicas a través de definiciones o leyes. Por ejemplo, una de las leyes de movimiento establece que el desplazamiento Δy de un cuerpo que se suelta en «caída libre» está dada por la expresión que relaciona el desplazamiento Δy , el tiempo t y la aceleración de la gravedad g : $\Delta y = \frac{1}{2} g t^2$

En las ciencias físicas, tanto las leyes como las definiciones relacionan matemáticamente entre sí grupos de magnitudes. Por ejemplo, la velocidad relaciona el desplazamiento con el tiempo; la fuerza relaciona la masa con la aceleración. Por tal motivo, es posible seleccionar un conjunto reducido, pero completo de magnitudes de modo que cualquier otra magnitud pueda ser expresada en función de dicho conjunto. Esas pocas magnitudes relacionadas se denominan «magnitudes fundamentales», mientras que el resto que puede expresarse en función de las magnitudes fundamentales recibe el nombre de «magnitudes derivadas».

1.2. Sistema de unidades

En el lenguaje de la física¹ se entiende por «cantidad» al valor que toma una magnitud dada en un sistema concreto. Son ejemplos de cantidades 5 metros, 2 kilogramos y 6 metros cúbicos. Una cantidad que sirve de referencia se denomina «unidad», y el objeto físico que encarna la unidad se denomina «patrón». Ejemplo de lo dicho es la unidad «metro» y su objeto físico que lo encarna, el «metro patrón». El primer metro patrón fue elaborado en la Oficina de Pesos y Medidas de París, uno de cuyos modelos está en la pared de la institución como se aprecia en la figura 1.1.

Figura 1.1. Metro patrón en la Oficina de Pesas y Medidas de París

Cuando se ha elegido ese conjunto reducido y completo de magnitudes fundamentales y se han definido correctamente sus unidades correspondientes, se dispone de un «Sistema de Unidades».

1.2.1. El Sistema Internacional de Unidades

El Sistema Internacional de Unidades, abreviado SI, es también conocido como sistema métrico. Fue creado en 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas, que inicialmente definió seis unidades físicas básicas o fundamentales. En 1971, fue añadida la séptima unidad básica, el mol.

Una de las principales características, que constituye la gran ventaja del SI, es que sus unidades están basadas en fenómenos físicos fundamentales. La única excepción es la unidad de la magnitud masa, el kilogramo, que está definida como la masa del prototipo internacional del kilogramo o aquel cilindro de platino e iridio almacenado en una caja fuerte de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas.

1.2.2. Unidades fundamentales del SI

El Sistema Internacional de Unidades consta de siete unidades fundamentales, también denominadas unidades básicas. Son las unidades utilizadas para expresar las magnitudes físicas definidas como fundamentales, a partir de las cuales se definen las demás. En la tabla 1.1. se muestran las siete magnitudes fundamentales del SI y sus correspondientes unidades de medida.

¹ Nota de la autora: magnitud física corresponde al significado del término «cantidad física» que se emplea en otros textos.

Tabla 1.1. Magnitudes fundamentales y sus unidades de medida.

Magnitud física fundamental	Nombre de la unidad de medida	Símbolo de la unidad
Longitud	metro	m
Tiempo	segundo	s
Masa	kilogramo	kg
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

Las magnitudes derivadas son aquellas que resultan de la combinación de las magnitudes fundamentales. En la tabla 1.2 se muestran algunas magnitudes derivadas y sus correspondientes unidades de medida.

Tabla 1.2. Algunas magnitudes derivadas y sus unidades de medida

Magnitud física derivada	Nombre de la unidad de medida	Símbolo de la unidad
Velocidad	metro por segundo	$\frac{m}{s}$
Aceleración	metro por segundo cuadrado	$\frac{m}{s^2}$
Área	metro cuadrado	m^2
Volumen	metro cúbico	m^3
Densidad	kilogramo por metro cúbico	$\frac{kg}{m^3}$
Rapidez	metro por segundo	$\frac{m}{s}$
Fuerza	newton	N
Energía	joule	J
Potencia	watt	W
Presión	pascal	Pa
Trabajo	joule	J
Voltaje	volt	V

En la actualidad, debido a su importancia práctica siguen empleándose unidades que no pertenecen al SI. A continuación, en la tabla 1.3 se presentan algunas de ellas.

Tabla 1.3. Algunas unidades de medida aceptadas por el SI

Magnitud física derivada	Nombre de la unidad de medida	Símbolo de la unidad
Masa	tonelada	t
Tiempo	minuto	min
	hora	h
	día	d
Volumen	litro	l, L
Ángulo plano	grado	°
	minuto	'
	segundo	''

1.2.3. Definición de las unidades fundamentales del Sistema Internacional

- **metro (m)** Es la longitud del trayecto recorrido en el vacío por la luz durante un tiempo de 1/299 792 458 de segundo.
- **kilogramo (kg)** Es la masa del prototipo internacional de platino e iridio de la Oficina de Pesas y Medidas de París.
- **segundo (s)** Es el tiempo que se define como la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.
- **ampere (A)** Es la intensidad de corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores rectilíneos, paralelos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados a una distancia de un metro el uno del otro, en el vacío, produce entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por cada metro de longitud.
- **kelvin (K)** Unidad de temperatura termodinámica correspondiente a la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
- **candela (cd)** Unidad de intensidad luminosa, correspondiente a la fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $5,40 \times 10^{12}$ hertz y cuya intensidad energética en esa dirección es $\frac{1}{683}$ watt por estereorradián.
- **mol (mol)** Cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono 12. Si se emplea el mol, es necesario especificar las unidades elementales: átomos, moléculas, iones, electrones u otras partículas o grupos específicos de tales partículas.

De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 026-93-ITINCI, sobre la obligatoriedad del uso del Sistema Internacional en el Perú, se señala en el artículo 1.º: «El uso del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú a que se refieren la Ley N° 23560 y el Decreto Supremo N° 060-83-ITI/IND del 10 de noviembre de 1983, es obligatorio en todas las actividades que se desarrollen en el país y debe expresarse en todos los documentos públicos y privados».

1.2.4. Prefijos y el SI

En ocasiones el valor de una magnitud física expresado en unidades fundamentales o derivadas es un número muy grande o muy pequeño. Por tal razón, es necesario tener presente los prefijos más usados en el SI. En la tabla 1.4. se muestra una lista de los prefijos más usados que representan potencias de diez y sus símbolos.

Tabla 1.4. Prefijos usados para denotar múltiplos de diez

Nombre de prefijo	Símbolo de prefijo	Potencia	Nombre de prefijo	Símbolo de prefijo	Potencia
yotta	Y	10^{24}	yocto	y	10^{-24}
zetta	Z	10^{21}	zepto	z	10^{-21}
exa	E	10^{18}	atto	a	10^{-18}
peta	P	10^{15}	femto	f	10^{-15}
tera	T	10^{12}	pico	p	10^{-12}
giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
mega	M	10^6	micro	μ	10^{-6}
kilo	k	10^3	mili	m	10^{-3}
hecto	h	10^2	centi	c	10^{-2}
deca	da	10^1	deci	d	10^{-1}

1.2.5. Reglas del Sistema Internacional

A continuación, se lista algunas reglas importantes del Sistema Internacional:

- 1. Cuando sea necesario referirse a una unidad, se recomienda escribir el nombre completo de la unidad, salvo casos en los cuales no exista riesgo de confusión al escribir únicamente el símbolo.
- 2. El símbolo de la unidad será el mismo para el singular que para el plural.

Ejemplo: 1 kg, 5 kg

- 3. No se acepta la utilización de abreviaturas para designar las unidades SI.

Ejemplo: grs no corresponde a gramos, lo correcto es g

Ejemplo 1.1

Si el tiempo se mide en segundos (s), minutos (min) y horas (h), ¿qué error se ha cometido en el letrero de máxima velocidad que se muestra en la figura 1.2.?

Figura 1.2. Señal de tránsito

Solución

Se están usando mayúsculas a modo de abreviatura. Lo correcto debe ser $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ en lugar de **KH**.

4. Cuando se deba escribir (o pronunciar) el plural del nombre de una unidad SI, se usarán las normas de la Gramática Española.

Ejemplo: metro–metros, mol–moles, newton–newtons.

5. Se usarán los prefijos SI y sus símbolos para formar respectivamente los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos de las unidades SI.

Ejemplo: centímetro–cm.

Ejemplo 1.2

¿Qué errores en el uso del SI se han cometido en el párrafo siguiente?

«El panel utilizado para la cubierta será un panel de doble capa prelacado tipo sándwich con aislante térmico de polietileno para ajustarse a las exigencias del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), este panel tiene un peso de 15 kg/m, este tipo de panel será utilizado en la gran mayoría de la superficie de la cubierta a excepción de 5 franjas de 2,5 metro que serán destinadas a un panel translucido para permitir el paso de luz natural al interior de la nave, este panel tiene un espesor de 15 Mm. y su peso es notablemente menor que el panel sándwich pero para los cálculos se ha considerado todo de este ultimo para estar del lado de la seguridad».

Tomado de http://www4.ujaen.es/~freal/PFC/garcia_lopez_pedro/memoria.pdf, 06-09-2012

Solución

No se pluraliza la unidad metro, debiera escribirse 2,5 metros y se usa mal el prefijo «mili (m)» al escribir 15 Mm, el cual podría entenderse como «megámetro», no debe colocarse punto a la unidad de medida.

6. No deberán combinarse nombres y símbolos al expresar el nombre de una unidad derivada.

Ejemplo: metro/s, lo correcto es $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ o metro por segundo.

Ejemplo 1.3

Para el anuncio que se muestra a continuación, ¿qué error se ha cometido en la escritura de las unidades?

Figura 1.3. Conversor de unidades

Conversión de velocidad

desde:

kilómetro/hora

Decimal:

4

a:

kilómetro/hora

cambiar

convertir

Capturado de internet: <http://metricconversion.biz/es/conversion-de-velocidad.html>, 06-09-2012

Solución

Se ha escrito «kilómetro/hora» cuando debió escribirse «kilómetro por hora».

7. Cada unidad y cada prefijo tienen un solo símbolo y este no puede ser alterado de ninguna forma. No se deben usar abreviaturas.

Ejemplo:

Correcto	Incorrecto
10 cm ³	10 cc
5 m	5 mts.
10 t	10 TON
30 kg	30 krgs.

Ejemplo 1.4

¿Qué error se ha cometido en el letrero mostrado en la figura 1.4.?

Figura 1.4. Letrero de puente

Foto: Reporterow.com

Solución

Se está usando una abreviatura para metros (MTS.) y un símbolo incorrecto para tonelada (TN). Los símbolos correctos deben ser **m** y **t**, respectivamente.

8. Todos los símbolos de las unidades SI se escriben con las letras minúsculas del alfabeto latino, con la excepción del *ohm* (Ω), letra mayúscula de omega del alfabeto griego, pero aquellos que provienen del nombre de científicos se escriben con mayúscula.

Ejemplo:

Nombre	Símbolo
kilogramo	kg
ampere	A
candela	cd
pascal	Pa
ohm	Ω

9. Luego de un símbolo no debe escribirse ningún signo de puntuación, salvo por regla gramatical.
Ejemplo: ...cuya longitud es de 7,1 m.
10. Los símbolos se escriben a la derecha de los valores numéricos, separados por un espacio en blanco. El espacio en blanco se eliminará cuando se trate de los símbolos de las unidades sexagesimales de ángulo plano.
Ejemplo: 27 K, 30 m, 27 °C, 10 A, 40°30'20".

Ejemplo 1.5

¿Qué error se ha cometido en la escritura del volumen en la etiqueta de la figura 1.5.?

Figura 1.5. Error en uso del SI en etiqueta de cerveza

Solución

No se ha separado el valor de la unidad. Es decir, en lugar de escribirse «330cm³» debe escribirse «330 cm³».

11. Todo valor numérico debe expresarse con su unidad, incluso cuando se repite o cuando se especifica la incertidumbre.

Ejemplo: 30 m ± 0,1 m; ...de las 14:00 h a las 18:00 h...; ...de 35 mm a 40 mm.

12. En números de muchas cifras estas se agrupan de tres en tres, a partir de la coma, tanto para la parte entera como para la decimal. Entre cada grupo se debe dejar un espacio en blanco, igual o menor al ocupado por una cifra, pero mayor al dejado normalmente entre las cifras.

Ejemplo: 1 365 743,038 29 m

Por qué la coma como marcador decimal

- a. La coma es reconocida por la Organización Internacional de Normalización ISO (esto es, por alrededor de 90 países del mundo) como único signo ortográfico en la escritura de los números, utilizados en documentos y normas técnicas.
- b. La coma se usa para separar la parte entera de la decimal. Por ello debe ser visible, no debiéndose perder durante el proceso de ampliación o reducción de documentos.
- c. La grafía de la coma se identifica y distingue mucho más fácilmente que la del punto.
- d. La coma es una grafía que, por tener forma propia, demanda del escritor la intención de escribirla, el punto puede ser accidental o producto de un descuido.

Para poder revisar todo el contenido de esta edición, adquiere esta publicación en nuestra **tienda virtual**.