
CONTENIDO

Presentación	xi
Capítulo 1 Vectores	1
1.1 Notas del capítulo	92
1.2 Problemas sin solucionar	97
Capítulo 2 Cinemática	103
2.1 Notas del capítulo	250
2.2 Problemas sin solucionar	257
Capítulo 3 Caída libre, lanzamiento vertical y movimiento parabólico	267
3.1 Notas del capítulo	381
3.2 Problemas sin solucionar	384
Capítulo 4 Fuerzas	395
4.1 Notas del capítulo	552
4.2 Problemas sin solucionar	558
Capítulo 5 Energía	573
5.1 Notas del capítulo	703
5.2 Problemas sin solucionar	708

PRESENTACIÓN

¿POR QUÉ ESTE LIBRO?

Existen muchos libros de texto para enseñar física en los últimos años de bachillerato y en los primeros semestres de universidad. Lo que no existe en nuestro país —hasta donde he podido comprobar—, y es la razón por la cual decidí escribirlo, es un libro que esté totalmente dedicado a la resolución de problemas de física. En esta obra se explica con gran detalle cómo resolver más de 100 problemas de física, entre los que se incluyen problemas de cinemática, caída libre, movimiento parabólico, fuerzas y energía. El libro está pensado para estudiantes de último año de bachillerato, pero también para estudiantes universitarios de pre-física, e incluso de física 1, que deseen aclarar ciertos conceptos o quieran poner en práctica lo que han aprendido.

Para empezar, es pertinente aclarar cómo están resueltos los problemas en este libro: en él se explica cada ecuación que se presenta y casi nunca se reemplaza en una ecuación más de un resultado previamente obtenido. Además, hay un gran número de ilustraciones que ayudan a comprender mejor la situación planteada en cada problema. El nivel de detalle aquí alcanzado puede ser innecesario para los estudiantes que están familiarizados con la manipulación y el despeje de ecuaciones, pero lo que se busca es llegar al mayor número posible de estudiantes, incluyendo aquellos que no han tenido la oportunidad de desarrollar buenas bases matemáticas y físicas en su formación escolar.

Con el fin de ofrecer la mayor claridad posible en la resolución de los ejercicios, la solución de cada problema empieza con dos cuadros que aclaran qué información nos están pidiendo y qué información nos están dando. En mi experiencia como docente de física he notado que muchas veces el primer error que cometen los estudiantes es no identificar correctamente lo que les están preguntando o la información que les están dando. Por otra parte, a lo largo de todo el libro se hace énfasis en el uso de vectores, y por eso el primer capítulo está dedicado a estos. Además, se ahonda en el manejo de sistemas de

coordinadas, algo que no es tan común en la formación escolar pero es crucial en clases más avanzadas de física universitaria.

Al final de cada capítulo, para que el lector ponga en práctica lo que ha aprendido, he puesto varios ejercicios sin solucionar. Cada uno de estos ejercicios sin respuesta está inspirado en alguno de los que sí fueron resueltos en el libro (en el enunciado de los ejercicios sin resolver se indica qué problemas resueltos se recomienda estudiar para entenderlos). El lector nunca encontrará un ejercicio sin respuesta que no sea similar a uno de los problemas con respuesta.

Para hacer más divertido el aprendizaje he procurado usar problemas inspirados en la vida cotidiana, en la idiosincrasia colombiana y en la cultura popular. ¡No más problemas abstractos con bloques ideales de masa M deslizándose por planos inclinados! Los problemas en este libro involucran, entre otros, a buses de Transmilenio, a James Rodríguez, a Caterine Ibargüen, a Atenea, a Mariana Pajón y a John Lennon.

Aunque hace énfasis en el nivel práctico del aprendizaje de la física, el libro también enseña conceptos teóricos y podría ser usado como un libro de texto sobre los temas aquí discutidos. Muchas veces los conceptos teóricos son presentados en ejercicios prácticos, para que el estudiante aprenda al mismo tiempo cómo resolver un problema y cómo entender cierto concepto. Los conceptos teóricos más importantes presentados en los diferentes problemas son resaltados en cuadros azules y enumerados. Al final de cada capítulo se da una lista de los conceptos teóricos usados para que el estudiante pueda repasar fácilmente lo aprendido en el capítulo y el libro pueda ser usado como uno de consulta.

Si se usa como libro de texto, se recomienda seguir el orden de cada capítulo porque los conceptos son presentados de forma paulatina (antes de introducir un nuevo concepto hay uno o varios ejercicios prácticos relacionados con el concepto previo). Además, el nivel de dificultad de los problemas generalmente crece a medida que avanza el capítulo. Sin embargo, es pertinente aclarar que todos los problemas son independientes, es decir, el lector no necesita resolver o leer un problema X para leer o resolver un problema Y. Además, cada problema comienza con una lista de palabras clave que le permite al estudiante o al docente hacerse una idea rápida de los conceptos que se estudian en él.

Escribí este libro porque me di cuenta de que hay algunos temas puntuales que, aunque pueden parecer obvios, se dejan por fuera de las aulas de física y pueden llegar a confundir a más de un estudiante. Por ejemplo, no recuerdo que alguien me mostrara cómo resolver un problema de plano inclinado con un sistema de coordenadas que no está inclinado. O, por ejemplo, es muy común encontrar a un estudiante que divide por una fuerza o por una aceleración, lo cual no tiene sentido ya que la fuerza y la aceleración son vectores. Como último ejemplo, nunca aprendí en clase que podemos transformar una ecuación vectorial en una ecuación escalar si nos concentramos sólo en las magnitudes

(por ejemplo, de la ecuación $3x + 2x = ax$ se sigue la ecuación $3 + 2 = a$). Por eso en este libro trato de decir explícitamente cosas muy útiles que a mí nunca me dijeron.

Todos los problemas aquí propuestos fueron imaginados por mí, aunque, por supuesto, mi imaginación está influenciada por todas las clases de física que tuve en mi formación escolar y universitaria. No pretendo decir que los problemas presentados aquí son totalmente diferentes a los miles con los que todos nos educamos, pues todo libro de texto de física va a repetir un gran número de problemas clásicos. Pero sí quiero insistir en que hice un esfuerzo para convertir los problemas estándar que todos hemos encontrado incontables veces en ejercicios divertidos que pueden despertar el interés del lector. Y así como no seguí ningún libro de texto al escribir los problemas, tampoco seguí ningún libro al introducir y explicar los conceptos teóricos; todo lo que explico aquí está basado en lo que aprendí en mi formación universitaria y escolar, y si tuviera que citar referencias bibliográficas sólo podría citar a mis excelentes profesores y a mis muy inteligentes amigos físicos¹.

En resumen, el objetivo principal de este libro es brindar las bases para que cualquier estudiante se sienta cómodo en su primera clase de física universitaria.

¿CÓMO USAR ESTE LIBRO?

Este libro se puede usar (por lo menos) de tres maneras diferentes:

- (1) Un estudiante que sólo quiera practicar para un examen o taller puede ir directamente a los problemas relacionados con el tema que le interesa, y puede aproximarse a ellos en cualquier orden (como los problemas tienen palabras clave, el estudiante puede encontrar rápidamente los que le son relevantes). Además, si quiere practicar, debe intentar primero resolver el problema por su cuenta y sólo después de intentarlo puede mirar la solución. Para facilitar la comprobación rápida de cada solución, se han indicado en rojo las respuestas finales de los problemas. Igualmente, el estudiante que quiera practicar puede tratar de resolver los ejercicios del final del capítulo (que se presentan sin su solución).
- (2) Un estudiante que desee aprender teoría debe leer el capítulo que le interesa y debe tratar de seguir la solución de cada problema con cuidado, empezando por los problemas teóricos. Al hacer esto, debe prestar especial atención a las notas, pequeños comentarios en azul en los que se resalta lo más importante que se ha explicado en algunos de los problemas. Además, el estudiante puede buscar los problemas de opción

¹ La ausencia de referencias bibliográficas en un texto académico puede asustar a algunos, pero los temas tratados aquí son asuntos básicos que todo físico está en capacidad de discutir y explicar sin necesidad de consultar otras fuentes.

múltiple (que se llaman *problemas de repaso*), pues estos le permiten comprobar rápidamente si ha comprendido correctamente los conceptos teóricos.

- (3) Un profesor que desee explicar un concepto puede seguir los problemas teóricos incluidos, en los que se ha tratado de presentar cada concepto de forma sencilla, didáctica y precisa. Además, el profesor puede usar problemas del libro para mostrarles a los estudiantes cómo aplicar cierto concepto, y por supuesto puede usar problemas cambiando los datos o cambiando lo que se pregunta para realizar talleres o pruebas. Finalmente, el profesor puede asignar como tareas o talleres problemas de las secciones sin respuesta (que están al final del capítulo), como una forma de medir la comprensión de los estudiantes. Otra forma de medir la comprensión de los alumnos es pidiéndoles que expliquen paso a paso alguno de los problemas resueltos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerles, ante todo, a mis padres y a mi hermano, que me han dado infinita felicidad. El ejemplo de esfuerzo y dedicación de mis padres me sirvieron de inspiración mientras escribía el libro. Por supuesto, el resto de mi familia ha sido muy importante en mi vida, y en particular debo reconocer la influencia que mi tío Guillermo ha tenido en buena parte de mis intereses académicos. Estoy muy orgulloso y agradecido por la familia que tengo.

Quiero hacer una mención especial de mi hermano. Uno no escoge con quién compartir padres pero si pudiera escoger sería inconcebible para mí no volver a escogerlo a él. ¡Me hace feliz pensar que aún tenemos tantos años por compartir!

Quiero también agradecer a mis profesores de la Universidad de los Andes y del Colegio Berchmans. Este libro es, casi por completo, resultado de lo que aprendí en sus excelentes clases. Hago una mención especial de Roberto, mi primer profesor de física en el colegio, quien me enseñó lo bonita que es esta ciencia. Es muy probable que yo haya decidido estudiar física gracias a sus clases.

No puedo olvidarme de todos mis amigos, tanto en el colegio como en la universidad, quienes fueron tan importantes para hacer de mi vida una vida que quiero tanto. He sido muy afortunado por haber encontrado gente tan especial en todos los momentos. A todos ustedes también dedico este libro.

Les agradezco mucho a Nicolás Barbosa Berrío, Luis Aníbal García, Verónica Gómez, Tania López, Stacy Sivinski y Camilo Zapata. Nicolás y Luis, ambos muy buenos amigos, tuvieron la dedicación suficiente para revisar y corregir los problemas iniciales del libro. A Luis, además, le agradezco todo lo que me enseñó en sus años como monitor de la clínica de problemas (de alguna manera espero que este libro funcione como un monitor de física portátil). A

Verónica, quien, además de ser especial conmigo en muchos aspectos, tuvo la paciencia suficiente para discutir algunos enredos conceptuales con los que me encontré. A Tania, quien en muy pocos días realizó los muy bonitos dibujos de todos los problemas sin solucionar que están al final de cada capítulo. A Stacy, cuya compañía ha sido crucial, pues me ha protegido de todos los peligros asociados con ser un estudiante de doctorado (*i. e.*, olvidarse de comer o creer que cualquier minuto usado en una actividad de ocio disminuye las posibilidades de continuar en la academia) y, sobre todo, me ha hecho muy feliz. Por su parte, Camilo me ha ayudado con algunos problemas y gracias a las discusiones con él aprendí mucho durante toda mi carrera; además es un gran amigo.

Finalmente, les agradezco al Programa de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Notre Dame por ayudar con algunos costos; a dos revisores anónimos por sus oportunas correcciones y sugerencias; al Departamento de Física y la Facultad de Ciencias de la Universidad de los Andes por apoyar este proyecto; a Ediciones Uniandes por su gran ayuda en la edición de esta obra.

