

Reseña de Libro

Mecánica Libro 1

Fermín Alberto Viniegra Heberlein

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México

1ra edición 2007, 342 pp.

El objetivo del autor al escribir este libro es que el lector aprenda el hermoso tema de la mecánica; sus fundamentos, la historia de su desarrollo, sus técnicas de ataque y resolución de los problemas y sus aplicaciones. El autor trata de convencer que la mecánica se trata de una parcela del pensamiento científico y de la investigación teórica que vale la pena explorar, pues, en contra de lo que algunos piensan, se trata de un tema que a más de cuatrocientos años de haber visto la luz, aún guarda secretos y reserva sorpresas espléndidas.

El autor desarrolla su libro utilizando cuatro vertientes básicas: la primera es la histórica, contando breves historias que sirven de soporte al tema, haciendo una lectura amena, permitiendo un momento de distracción del rigor del desarrollo científico.

La segunda vertiente es la de los conceptos fundamentales; exponiendo las ideas básicas con la mayor amplitud y claridad posible. Por ejemplo, las leyes de Newton que en la mayoría de los libros solamente se enuncian para que el estudiante las recite como una oración, en este libro se exponen las ideas que subyacen a las leyes mostrando sus alcances y limitaciones. La tercera línea es de las aplicaciones, aterrizando la teoría expuesta, invocando a ejemplos y ejercicios de la vida real, en la medida que el tema lo permite. Finalmente, la cuarta vertiente es la de hilvanar a la mecánica con otros grandes temas de la ciencia. Al final de ciertas unidades, el autor menciona como ese tópico dio lugar a ideas dentro de otras áreas de la ciencia, o bien, cómo fue posible comprender ciertos fenómenos que están fuera de la mecánica, pero que a partir de las ideas de la mecánica pudieron esclarecerse.

En la *introducción* explica que la ciencia es una disciplina teórico-experimental que busca conocimiento nuevo y verdadero acerca de la naturaleza y sus procesos. Mientras mayor es ese conocimiento, las posibilidades de aplicarlo para el provecho del ser humano son mayores también y, al menos idealmente, estas aplicaciones permiten mejorar la calidad de la vida, su duración y la trascendencia de la especie en el universo. Explica que para *hacer ciencia* hay que seguir una estrategia general que, excepto por pequeñas diferencias propias de cada campo del conocimiento, es la misma siempre. Esta estrategia se conoce como el *método científico*. Se trata de un esquema conceptual que desde su estructuración primitiva, allá por la segunda mitad del siglo XVI ha sido la guía con la cual se consigue el objetivo de esta rama de la actividad humana.

Se presenta la explicación del método científico siguiendo tres grandes etapas sucesivas; estas son, la etapa de acumulación, análisis y síntesis de la información pertinente, seguida por la de la inducción y se concluye con la etapa de la deducción.

Como se indica, la primera etapa consiste en el trabajo de hacerse de la información que concierne a ese fenómeno, ese experimento; en fin, ese hecho que se desea investigar. Todo aquello que se juzgue *a priori* pertinente al objeto de la investigación y que se tenga a la mano, como son libros, artículos, reportes; así como los resultados de observaciones hechas por el interesado, o por otras personas, se debe acumular. Todo ese material debe ser estudiado cuidadosamente para hacer una primera clasificación y evaluación de su contenido. Hay que descartar lo que no sea relevante y hay que conservar lo importante.

Aquí comienza el conocimiento, cuando de pronto, en toda aquella maraña de libros, artículos, fotos, graficas, comienzan a notarse ciertos rasgos; ciertas tendencias sistemáticas. Esta es la fase de la síntesis del conocimiento.

Con toda esa información clasificada y analizada; con todos esos detalles y rasgos importantes sintetizados, el científico está en condiciones de dar el segundo gran paso en su trabajo: establecer ciertos asertos generales, a partir de la experiencia acumulada. Esta es la fase de la inducción. Esta es, quizá, la etapa más difícil y azarosa de todo el proceso, pues inducir; esto es, afirmar (o negar) cuestiones generales a partir de datos particulares; ir de lo particular a lo general, es algo que al humano le cuesta mucho trabajo y con frecuencia se equivoca.

Una vez que el investigador accede a conocimiento nuevo a partir del método inductivo, la tercera etapa del proceso: da comienzo la fase deductiva. Aquí por lo contrario de la parte inductiva, hay que partir de aquellos asertos generales a los que se había llegado y realizar el descenso (como en un tobogán), hasta alcanzar las conclusiones menudas y prolijas que permitió el modelo.

La experimentación y la observación deben ser parte del proceso. Cada resultado de una deducción hay que contrastarlo, en el laboratorio o en el observatorio, con los datos, con las fotografías y graficas que se obtienen aquí, para estar cada vez más seguros de aquel modelo teórico que se había estructurado a partir de la síntesis, con asertos inductivos. Estos hallazgos constituirán más tarde, los elementos que otros investigadores usaran como puntos de partida para hacer sus propios ascensos por las montañas de la inducción y llegar a proponer hipótesis más generales, con las cuales el modelo actual amplíe sus alcances y fortalezca su estructura; o bien, en el caso de que algún resultado experimental contradiga de algún modo a la teoría, se deba demoler ésta completa o parcialmente y se tenga que iniciar de nueva cuenta el trabajo de construir un modelo teórico que remonte las fallas que el anterior exhibió y que no tenga puntos de discrepancia con la naturaleza. Así es el camino de la ciencia.

El capítulo 1 trata sobre los antecedentes de la mecánica. El autor explica que el objetivo de la mecánica es obtener ecuaciones que describan el

movimiento de los cuerpos o las partículas. Se explica que el esquema de la mecánica desarrollado por Isaac Newton forma parte del método científico y es empleado actualmente en una buena cantidad de esquemas teóricos de la física, como la termodinámica o el electromagnetismo. Este esquema es siempre el mismo y consta de un conjunto de etapas que es necesario cubrir para llegar a las soluciones deseadas. La primera etapa consiste en establecer en forma matemática las fórmulas generales para describir el movimiento. Esa formulación general sirve para todos los problemas de la mecánica, sin importar si se trata de una sola partícula o un conjunto de cuerpos articulados, o un planeta o una galaxia. La segunda etapa es hacer funcionar esa formulación proporcionando la información pertinente de cada caso particular que se considera. Esa información concierne a los agentes físicos que causan el movimiento. En la mecánica clásica se consideran dos clases de ellos: las fuerzas y las torcas. A esas fórmulas se les llama genéricamente *ecuaciones constitutivas*.

Al sustituir las ecuaciones constitutivas en las fórmulas generales se obtienen las llamadas ecuaciones diferenciales de movimiento. Estas forman generalmente un sistema que es necesario integrar. En la tercera etapa se concluye el proceso de integración, para esto es necesario imponer condiciones iniciales. Con este último paso de la secuencia se arriba a la meta: obtener expresiones matemáticas en forma de funciones de la posición y el tiempo, con las cuales, como se mencionó al principio, se pueden trazar curvas en un espacio tridimensional, que representan las trayectorias que deben seguir en el espacio físico los cuerpos estudiados, urgidos por la acción de agentes físicos dados. Estas funciones matemáticas se conocen como *ecuaciones de movimiento* o *ecuaciones de trayectorias*.

En este primer capítulo se hace una cronología de los comienzos de la mecánica, el autor menciona que no se sabe el *orto* de la mecánica. Hace alusión a que quizá la mecánica nació cuando algún homínido usa una rama seca y dura para mover un cuerpo pesado, o bien, cuando se inventa el arco y la flecha; o también pudo ser aquel portentoso instante en el que el ser humano levanta su mirada al cielo y empezó a estudiar el movimiento de los astros a través de la bóveda celeste.

Se describen algunos trabajos conocidos, por ejemplo, Aristóteles (384-322 a.C.) comenzó a estudiar un tema que hoy se sabe que forma parte de la mecánica: la teoría del sonido. Aristarco de Samos (≈ 270 a.C.) propuso un sistema heliocéntrico en su trabajo *Sobre el tamaño y las distancias del Sol y de la Luna*. Posteriormente en Siracusa, Arquímedes (287-212 a.C.) hizo exhaustivos estudios sobre palancas, levas, poleas y polipastos, así como sobre elasticidad y fluidos, sentando las bases de lo que hoy es la ingeniería mecánica.

Por la misma época, Eratóstenes de Alejandría (276-194 a.C.) calculó por primera vez la circunferencia de la Tierra, observando la sombra proyectada por el Sol a medio día en el solsticio de verano, en dos sitios distantes (Siena y Alejandría). El sistema geocéntrico de Claudio Ptolomeo (85-151 d.C.) es sustituido por el sistema heliocéntrico de Copérnico y Aristarco de Samos, quedando la obra de Ptolomeo como parte del acervo de la biblioteca de Alejandría. El autor señala que el método científico comenzó a ser estructurado en su forma más primitiva en el siglo XVI, cuando Nicolás Copérnico inició la práctica de observar el cielo con una tabla ranurada, anotar ordenadamente los datos de sus observaciones en hojas y hojas de registro, a lo largo de treinta años, para luego con ellos, hacer dibujos con las posiciones de los planetas, referidas al Sol. El mismo procedimiento general siguió Johannes Kepler cincuenta años después, cuando paciente, tozudamente convirtió los datos astronómicos de su colega, Tycho Brahe, en puntos sobre un papel y demostró que las órbitas de los planetas, en su tránsito alrededor del Sol no son círculos, como Copérnico había propuesto, sino elipses, en uno de cuyos focos se encuentra esta estrella. Galileo Galilei, usando nuevamente esa formidable herramienta intelectual que Copérnico y Kepler utilizaron con tanto éxito, llegó al concepto de aceleración como el cambio de la velocidad de los objetos y echó las bases de las leyes de la mecánica que otro genio habría de usar para estructurar su propio modelo teórico. Isaac Newton tomó, en efecto, esos estupendos resultados que habían sido hallados por Copérnico, por Kepler, por Galileo y otros gigantes de la misma talla que estos, y en un acto impresionante de potencia intelectual construyó la estructura que hoy, y desde hace cerca de trescientos cincuenta años, se conoce

como la mecánica clásica. Este es el tema de este primer libro de mecánica.

El capítulo 2 trata de las Leyes de Newton, el capítulo 3 sobre las ecuaciones de movimiento y el capítulo 4 trata sobre la mecánica del cuerpo rígido. Se muestra en estos capítulos como utilizando una tetralogía de elementos esenciales: el espacio euclídeo tridimensional, el tiempo absoluto, la masa y las fuerzas vectoriales, Newton construyó su mecánica. En este libro se muestra en detalle la génesis, la construcción y las aplicaciones más importantes del modelo newtoniano.

Uno de los objetivos que persigue el autor con este nuevo texto de mecánica, en efecto, consiste en mostrar al lector interesado en el tema, la forma como se construyó; las ideas prístinas que dieron lugar a él y luego, los problemas que atacó y con los cuales fue posible contemplar la escena del mundo desde una nueva y brillante perspectiva. Siguiendo la historia, se muestra en forma prolija la teoría de la gravitación newtoniana y se llega al encuentro de las tres leyes de Kepler. Aquellos asertos, que con tanto trabajo y sufrimiento fueron propuestos por el astrónomo alemán en los albores del siglo XVII, aparecen como teoremas en el formidable juego matemático de Newton. Encontrarlos, demostrar qué en efecto, se trata de teoremas a los que se llega como resultado de un proceso intelectual de deducción de las leyes de la mecánica, fue vital para el genio británico. Por una parte, fue la confirmación *a posteriori* de la validez de su modelo. Sin esos resultados toda la teoría hubiera sido totalmente inútil, excepto por su bellísima estructura, así que muy bien pudo haber quedado como una pieza del museo de la mente humana (que es muy posible que por ningún lugar del planeta se pueda hallar).

Las leyes de Kepler, una vez demostradas, fueron, en efecto, la prueba fehaciente de que la mecánica clásica funciona. Pero no nada más probaron eso, que en sí ya había constituido un espléndido logro del talento científico. Probaron, así mismo, que aquel método que Newton había ensayado por primera vez en su totalidad; desde sus primeros pasos en la búsqueda de la información, hasta el establecimiento de las leyes en forma inductiva y luego seguir la pendiente del proceso deductivo; esos *xx* pasos del incipiente método científico, conducen, en efecto, al encuentro de la verdad.

Mostrar la deducción de las leyes de Kepler es también una parte esencial, ineludible de cualquier libro sobre la mecánica. Es por ello que aquí se muestra al estudioso del tema, la forma como, a partir de aquellos primeros principios, se puede llegar a ellas, siguiendo un procedimiento matemático simple y directo.

La mecánica planetaria llevo desde aquel entonces y hasta el presente, a desarrollar la llamada astrodinámica; esto es, a comprender cabalmente el movimiento de todos los cuerpos que en el espacio se mueven bajo la acción de la fuerza gravitacional propuesta por Newton. No nada más los planetas fueron desde entonces objetos de estudio de la mecánica. Satélites, asteroides y cometas fueron también puestos en las platinas de los microscopios de los hombres y mujeres de ciencia para hallar hasta los más nimios detalles de sus conductas. Este estudio habría de abrir las puertas de la investigación espacial que hoy por hoy tiene a la humanidad a un tris de convertirse en habitante de otros planetas; de liberarse finalmente de las cadenas que desde los albores de la historia la han tenido atada a la Tierra. En este libro, naturalmente, se dedica una buena parte al estudio de la astrodinámica.

El cuerpo rígido fue otro de los más sonados éxitos que se anotó la mecánica newtoniana. El problema de describir los giros y cabeceos de cuerpos rígidos materiales bajo la acción de fuerzas y torcas, en efecto, fue uno de los grandes retos que se plantearon los investigadores desde el final del siglo XVII que comenzaron a ensayar el modelo de Newton. No fue fácil. Su planteamiento, ataque y resolución desafío a grandes talentos durante doscientos años, sin resultados importantes. Fue hasta las postrimerías del siglo XIX que una bella cuanto talentosa mujer, Sonia Kowalewskaia pudo al fin alcanzar la cima de este tema, al describir matemáticamente la rotación, la precesión y la nutación de trompos pesados, simétricos, que pivotan sobre puntos fijos, debido a la torca gravitacional que la Tierra ejerce sobre ellos.

Hoy en día, el tratamiento del trompo continúa siendo un tema obligado en el estudio de la mecánica clásica. Un tema que no siempre se expone correctamente en los libros de texto y que es causa de frecuentes confusiones y equivocaciones entre los estudiosos. Aquí se expone con profundidad este bello tema.

El asunto de los marcos de referencia no inerciales, igualmente reviste una importancia total para la mecánica. Pensándolo bien, aunque el concepto de un observador inercial es la base de la teoría y la existencia de él es la esencia de la primera ley de Newton, sin lo cual el esquema teórico no puede estructurarse, da la casualidad qué en el universo, por lo visto, no existe un solo sitio donde pueda colocarse un observador y clamar que se trata de un marco de referencia inercial.

Gustave Gaspard de Coriolis salvo este ominoso obstáculo. Su trabajo fue transcribir toda la mecánica clásica de Newton a marcos acelerados (se dice fácilmente, pero se hizo dolorosamente). Así pudo describirse el movimiento desde una perspectiva más real, más apegada a las condiciones que verdaderamente enfrenta un observador cuando desea registrar el paso de cuerpos masivos por el espacio. En este libro se aborda el tema de los marcos de referencia en rotación y se muestra al lector interesado la manera como aparecen las mal llamadas fuerzas inerciales; esas fuerzas ficticias que resultan de la adopción de un sistema coordinado que gira.

¿Qué te puede ofrecer este libro que no lo encuentres en otros? Pensándolo con cuidado, hay cientos de libros que han aparecido desde finales del siglo XVII sobre este mismo tema. Algunos de ellos han resultado ser obras maestras por su lucidez o por la profundidad de los conocimientos que ofrecen. Autores de la talla de A. Sommerfeld o de L. D. Landau y E. M. Lifshitz, sin contar con el propio I. Newton, representan monumentos científicos y literarios muy difíciles de superar.

Lo que el autor intenta con este libro es simplificar el aprendizaje de la mecánica, optimizar el material que debe aprenderse y hacer ameno el proceso de aprendizaje.

El libro proporciona material didáctico para estudiarse en dos semestres normales de mecánica dentro de alguno de los planes de estudio de posgrado en ciencias o ingeniería que se ofrecen en diferentes universidades.