

GALILEO, GIGANTE DEL MUNDO OCCIDENTAL

Por ROBERTO MERCADER

Quiero destacar que me resultó muy grato, como profesor universitario, el hecho de haber tenido, gracias a la gentileza del señor ministro de Educación, Dr. C. Alconada Aramburú, la oportunidad de participar en las deliberaciones de la 13ª Asamblea General de la UNESCO.

Fue motivo de mi admiración el ejemplo constante de organización en sus mínimos detalles, así como el alto grado de eficiencia e información por parte de su director general, profesor Maheu, y de todos sus colaboradores técnicos, administrativos y científicos, acreedores por momentos de nuestras más cálidas felicitaciones.

Con motivo de cumplirse el 4º centenario del nacimiento de Galileo Galilei rendimos un cálido homenaje a su memoria, y bajo los auspicios de la misma UNESCO se dieron a conocer los aspectos sobresalientes de la vida del sabio bajo el título: "Galileo Galilei una nueva visión del universo".

Al término de la citada asamblea visité numerosas catedrales, fuentes, acueductos y variadas obras de arte, deteniéndome con especial interés en las construidas con anterioridad al Renacimiento. Esos esqueletos de humanismo exponen con claridad que antes de Galileo ya contaba el mundo occidental con obreros habilidosos y pacientes, ingenieros, arquitectos y artistas capaces de tales obras imperecederas. Suplían la falta de ciencia con el fruto de su inspiración y el cúmulo de práctica en el manejo de la Estática y Resistencia de materiales; sólo les faltaba la capacidad de forjar conceptos científicos.

Los griegos, después de superar la etapa mítica, formaron la facultad de pensar por intermedio de conceptos, lógicamente, de concebir el mundo como un hecho objetivo. Este modo de pensar se desarrolla durante el Renacimiento y adquiere su faz culminante con Galileo y Newton.

Estas líneas tienen por objetivo señalar el papel desempeñado por Galileo en la elaboración del concepto de inercia y reproducir algunos de sus razonamientos físicos de carácter cualitativo, llenos de sentido común y modelos eternos para cualquier enseñanza de la Física.

Nació en Pisa, Italia, el 15 de febrero de 1564, y murió en la villa de Arcetri, cerca de Florencia, el 8 de enero de 1642, el año del nacimiento de Isaac Newton.

Ahora bien, 1564 fue el año de la muerte de Miguel Angel, fecha que los historiadores señalan como fin del Renacimiento.

La falla de Galileo en discernir la íntima relación entre Ciencia y política trajo como consecuencia que sus trabajos permanecieran en el Index Purgatorio hasta 1822, pero la causa del oscurecimiento casi completo de su genio se debió a la divulgación de los textos de Isaac Newton, creador de la física clásica.

Llama poderosamente la atención, al iniciar el estudio de la Teoría de la Relatividad, que Alberto Einstein bautice a los sistemas inerciales de referencia como "galileanos", cuando el concepto de inercia significaba para todos los textos de la física la primera ley de Newton.

A partir de ese instante, 1905, el interés por la obra de Galileo se intensifica permanentemente.

En la época en que Galileo iniciaba su vida de estudiante, la instrucción en ciencias físicas se concentraba a exponer los dogmas de Aristóteles el más importante afirmaba que, todo cuerpo que se mueve va acompañado por un agente de su movimiento, algo así como la relación de carro y caballo. Este fue el obstáculo insuperable durante 18 siglos para llegar al enunciado del principio de inercia, aunque resultaba difícil explicar mediante esta regla el movimiento de los cuerpos abandonados a su propia suerte. Parece que Hiparco fue el primero en sugerir la idea de fuerza y su intervención en el movimiento. Los filósofos medioevales retomaron la idea de Aristóteles diciendo: "Cuando un cuerpo se mueve crea un vacío; como la naturaleza aborrece al vacío, el medio circundante se precipita para llenarlo, golpeando al cuerpo desde atrás y así empujándolo hacia adelante".

Los mecanismos rudimentarios de la época de Aristóteles se detenían casi tan pronto dejaba de actuar la fuerza impulsora y el esfuerzo requerido para ponerlos en marcha y aun para mantenerlos en movimiento era grande. Era lógico creer con Aristóteles que cada cuerpo que se mueve necesita la acción de una fuerza y que el movimiento termina tan pronto cesa la acción de la fuerza que lo provoca. Sin embargo, subsistía un tipo de movimiento que no podía explicarse, el de la piedra de amolar, por ejemplo. Abandonada a sí misma, la piedra de afilar persiste libremente en su giro durante largo tiempo y resiste vigorosamente todo esfuerzo destinado a detenerla. En este caso no cabe pensar en una masa de aire que se precipita a ocupar cierto espacio vacío. Este ejemplo sugirió que los movimientos circulares son excepciones a la regla de Aristóteles y cuadraba satisfactoriamente con el esquema de explicaciones que atribuían a los círculos y movimientos circulares propiedades físicas muy especiales.

Este esquema ayudó a explicar a Aristóteles el movimiento de los cuerpos celestes. Para él la Tierra estaba en reposo absoluto y en el centro del universo. El movimiento circular, siendo perfecto, pertenecía a los cuerpos celestes.

Desde sus primeros años como profesor de física en la Universidad de Pisa, Galileo combatió estas ideas de Aristóteles; sin embargo, aceptó la división aristotélica de movimientos naturales y violentos. La física de Aristóteles era una teoría de las posiciones naturales, altas para los cuerpos livianos (fuego y aire) y baja para los cuerpos

pesados (tierra y agua), con la suposición que los cuerpos buscaban estas posiciones naturales en virtud de una propiedad oculta inherente a ellos. Galileo disenta con esta idea: para él, todos los cuerpos eran pesados, diferían sólo en densidad, así que todos tendían a aproximarse al centro de la Tierra. De acuerdo a su definición se vio enfrentado a la cuestión de saber si todos los movimientos eran naturales o violentos. Pronto se percató que un cuerpo puede moverse sin aproximarse ni alejarse del centro de la Tierra; también descubrió que un cuerpo que gira alrededor de su centro no se mueve ni natural ni violentamente, en contradicción con Aristóteles, que no admitía una tercera posibilidad. Hizo notar que cualquier esfera homogénea en rotación, ubicada en cualquier lugar, caía fuera de las previsiones de Aristóteles desde que cualquier parte imaginada de la esfera que estuviera aproximándose al centro de la tierra en determinado momento, otra parte igual estaría alejándose; la esfera en su totalidad no se movería ni natural ni violentamente.

Con anterioridad a Galileo muchos razonaban en la misma forma. El reconocimiento de una clase especial de movimiento fue su primer paso esencial hacia el concepto de inercia. Analizando la fuerza necesaria para mantener un cuerpo en equilibrio sobre un plano inclinado, Galileo concluyó que el movimiento horizontal de un cuerpo sobre la superficie terrestre sería similarmente ni natural ni violento en el sentido de Aristóteles, diciendo que debería llamárselo neutral.

A continuación pasó a afirmar, en teoría por lo menos, que cualquier cuerpo pesado podía moverse sobre un plano horizontal mediante una fuerza más pequeña que la necesaria para mover cualquier cuerpo hacia arriba sobre cualquier plano suavemente inclinado.

Interesantes, aún para la actualidad, son sus recomendaciones y consideraciones para quienes realizaron esa experiencia:

“Nuestras pruebas, como dijimos antes, deben realizarse con cuerpos liberados de toda resistencia externa, pero desde que es quizás imposible encontrar tales cuerpos en el reino de la materia, quien realice el experimento no debe sorprenderse que falle; una esfera maciza sobre un plano horizontal no puede moverse por la acción de una fuerza mínima. Además de las causas mencionadas, debe tenerse en cuenta el hecho que ningún plano puede ser paralelo al horizonte, desde que la superficie de la Tierra es esférica y desde que un plano toca a la esfera en un solo punto, si nos alejamos sobre el plano, desde ese punto estaremos moviéndonos hacia arriba. Así hay buena razón para que no sea posible mover una esfera maciza desde un punto con una fuerza arbitrariamente pequeña”.

El manuscrito donde Galileo hizo estas afirmaciones fue escrito alrededor de 1590, pero Galileo no lo publicó porque estaba disconforme con los resultados de reconciliar las observaciones con la teoría medioeval del *impetus*. Las ideas científicas ligadas al conjunto del movimiento de los espíritus eran estudiadas al principio por los filósofos, al igual que las otras manifestaciones del pensamiento.

Los filósofos medioevales invocaban la idea del *impetus* al esforzarse por explicar el movimiento de los proyectiles. Para ellos, la pérdida de *impetus* de los proyectiles era comparable a otros fenóme-

nos familiares que no requieren explicación especial, como la disminución del sonido de una campana o la pérdida de calor de una caldera retirada del fuego.

En 1593 continuó sus experimentos con planos inclinados y péndulos en la Universidad de Padua: redactó un pequeño tratado de mecánica para sus alumnos privados, que no dio a publicidad; sobre el plano inclinado escribió allí:

“Sobre una superficie perfectamente horizontal una esfera permanecerá indiferente y dudando entre movimiento y reposo, de modo que la fuerza mínima sería suficiente para moverla y la mínima resistencia, como la del aire circundante, sería capaz de mantenerla en reposo. De esto llegamos a la siguiente conclusión como axioma indudable: que a los cuerpos pesados desprovistos de resistencias externas y accidentales se los puede mover en un plano horizontal mediante una fuerza mínima”.

De estas afirmaciones, Galileo hubiera podido, en 1600, deducir que el movimiento horizontal continuaría indefinidamente si se realizara libremente. Esta segunda etapa hacia el enunciado del principio de inercia fue explícitamente establecido algunos años más tarde por Descartes. Algunos indicios demostrarían que Galileo debe haberlo enseñado en forma completa en el curso de sus clases; uno de sus discípulos, Benedetto Castelli, escribía a Galileo en 1607 diciéndole: “Su doctrina que para iniciar el movimiento es necesaria la acción de un agente movilizador; sin embargo, para su prosecución es suficiente la ausencia de oposición”.

En 1613 decía: “He observado que los cuerpos físicos muestran inclinación a moverse, los pesados hacia abajo, movimiento que cumplen mediante una propiedad intrínseca y sin necesidad de un movilizador externo especial, siempre que no estén impedidos por la acción de algún obstáculo. Para cualquier otro movimiento ellos tienen repugnancia, como los cuerpos pesados, a moverse hacia arriba, porque ellos nunca se mueven hacia arriba, a menos que fueran lanzados violentamente por un agente movilizador externo. Finalmente, para algunos movimientos son indiferentes, como son los cuerpos pesados al movimiento horizontal, para el cual ellos no tienen ni inclinación ni repugnancia. Y, por consiguiente, retirando todos los impedimentos externos, un cuerpo pesado sobre una superficie esférica concéntrica con la Tierra será indiferente al reposo o al movimiento hacia cualquier parte del horizonte. Permanecerá en ese estado en el cual ha sido colocado, esto es, si se lo coloca en estado de reposo, lo conservará; si es puesto en movimiento hacia el este, por ejemplo, permanecerá en ese movimiento. Así un barco que haya recibido algún ‘ímpetus’ a través del mar tranquilo, se movería continuamente alrededor de nuestro Globo sin detenerse jamás, si todos los impedimentos extrínsecos pudieran eliminarse”. El núcleo esencial del concepto de inercia está contenido en estas ideas, incompatibles con la teoría del ímpetus que atribuía a los cuerpos una tendencia natural al reposo.

Debido a la importancia capital del concepto de inercia para el desarrollo posterior de la mecánica celeste, pondremos de manifiesto su importancia en los argumentos de Galileo en favor de la teoría de Copérnico. Una fuerte objeción a las ideas de Copérnico en aque-

Los días fue que si la Tierra giraba a razón de miles de kilómetros por hora, entonces cualquier cuerpo separado de la Tierra, un pájaro, o una bala de cañón, o un objeto cualquiera que cayera libremente desde un lugar muy alto, sería rápidamente desplazado hacia el oeste de su observador estacionado sobre la Tierra. Copérnico había ofrecido como explicación plausible para la ausencia de tales efectos alguna tendencia natural de los cuerpos terrestres a participar en el movimiento de la Tierra, cualquiera fuera su ubicación respecto de ella, pero esto no fue aceptado por la mayoría y para Galileo esa explicación no mejoraba la filosofía de aquellos que invocaban las "propiedades ocultas" en sus pretendidas explicaciones y a los cuales estaba combatiendo. En sus Diálogos reemplaza la dialéctica de Copérnico, dando numerosos ejemplos de movimiento inercial, tales como el de la esfera que deja caer un jinete en movimiento: también refutó la idea que un objeto que cae libremente desde el mástil de un barco en movimiento llegará a cubierta acercándose a la popa. El conocimiento restringido de la ley de inercia les permitió a él y a sus discípulos en pocas décadas, avanzar en física mucho más que lo realizado en 1800 años después de la muerte de Arquímedes. Esto es lo que caracteriza a una revolución en el pensamiento científico.

A 400 años del nacimiento de Galileo el mundo intelectual sigue dividido en dos grupos hostiles: literatos y científicos que no hablan el mismo lenguaje ni piensan de la misma manera. Los primeros llaman a su problemática, humanismo, como si la tarea científica no la realizaran hombres para beneficio de otros. Este problema es el resultado de la estrechez de nuestra educación o de la limitación de nuestro tiempo; la solución puede radicar en el cultivo de la historia de la ciencia.

"El espíritu humano se halla constituido de tal modo que casi siempre toma posición frente a los hombres y frente a las cosas antes de haberlas estudiado completamente. Hay en esto algo como una necesidad de la vida en su autodefensa a todo cambio de pensar o maniobrar. En virtud de este mismo fenómeno lo primero que se formula es la crítica. Tanto el mundo científico como los medios populares reaccionan primero sobre la base de la valoración de las cosas, anterior al conocimiento razonado de las cosas mismas."