

LA SEGUNDA LEY DE NEWTON (algunos comentarios)*

Este trabajo tiene por objeto dar a conocer el punto de vista que sobre la segunda ley de Newton hemos adoptado un grupo de profesores, después de una serie de discusiones surgidas en el seminario "Sobre física y esas cosas", que se realiza todos los viernes en la Facultad de Ciencias de la UNAM. De ellas se concluyó que no existe un punto de vista unificado sobre este tema.

Un problema importante relacionado con la segunda ley de Newton es que en ella intervienen dos cantidades, la masa y la fuerza, que de alguna manera suelen presuponerse conocidas. Es decir, si uno "conoce" la masa, entonces puede considerar que la segunda ley es una definición de la fuerza y viceversa. Si se "conoce" la fuerza esta ley es una definición de la masa.

* Estos comentarios son parte de un planteamiento general que sobre las leyes de Newton se publicará en el número 4, volumen 30 (1984) de la Revista Mexicana de Física.

Sin embargo, el punto de vista que queremos poner a discusión es que la segunda ley no define ni a una ni a la otra, sino que más bien las interrelaciona y les da sentido.

Para aclarar lo que se quiere decir en el párrafo anterior, considérese primero el concepto de rapidez (media), en el cual interviene un cambio Δx en la posición (¿de quién?) que se produce en un intervalo Δt de tiempo.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Con frecuencia se dice que esta expresión es una definición de la rapidez (un concepto derivado o secundario) y se sobreentiende que se tiene un conocimiento "intuitivo" de los conceptos primarios¹ de espacio y tiempo. Sin embargo resulta obvio (al menos está en nuestra opinión) que no se pueden tener estos conceptos intuitivos del espacio y del tiempo sin la presencia de *materia en movimiento*, ya que es la distribución de la materia la que genera el concepto de espacio y el cambio de esa distribución es lo que genera el concepto de tiempo. En ese sentido, se pretende que la expresión (1) sea una definición de una característica del movimiento (la rapidez) en términos de cantidades, que sin el movimiento carecería de sentido. Más aún con el conocimiento sobre el comportamiento de la materia en movimiento que existía en la época de Newton, las características del espacio y del tiempo que se inferían de este conocimiento implicaban las propiedades manifiestas en las transformaciones de Galileo.

Al evolucionar el conocimiento de la forma en que se comporta la materia en movimiento, las propiedades

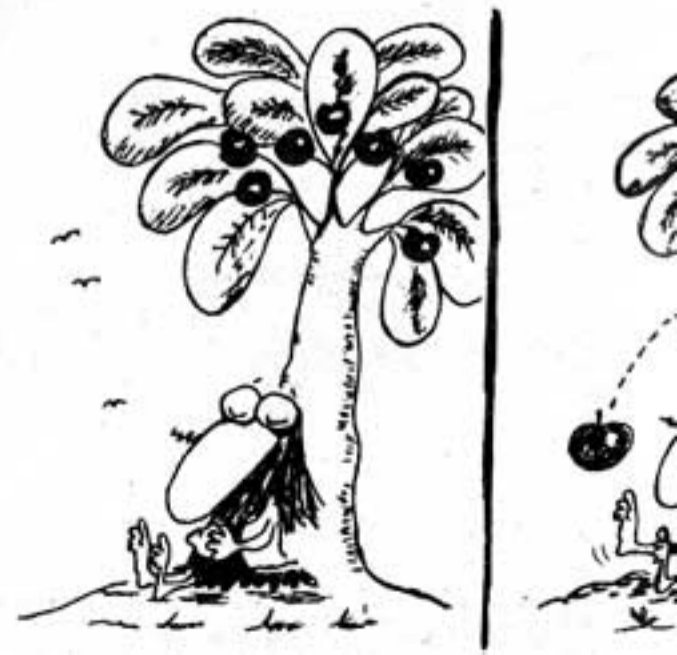
1. Newton, en sus escritos, considera que los conceptos epistemológicos importantes son el espacio y el tiempo. Tal vez por ello la idea esté tan arraigada.

de transformación de las velocidades tuvieron que modificarse para poder explicar este nuevo conocimiento.

Ahora bien, el punto de vista que queremos presentar en este trabajo es el siguiente: No existen dos conceptos "primarios" (espacio y tiempo) y un concepto "derivado" (rapidez), sino varios conceptos interrelacionados cuyo entendimiento cualitativo está directamente relacionado con la materia y sus cambios (movimiento). Desde este punto de vista, la expresión (1) es entonces la ecuación que interrelaciona *cuantitativamente* a estos conceptos.

En este momento cabe hacer la siguiente observación: la existencia de un procedimiento específico para asociar una cantidad a un concepto, (procedimiento de medida) lejos de darle un significado a éste, lo presupone. Dicho en otros términos, los conceptos no pueden divorciarse de sus leyes.

Hechas estas observaciones, carece ya de sentido preguntarse cuál o cuáles de las cantidades que intervienen en la expresión (1) son "primarias" y cuáles "derivadas". Esta expresión *no* define a la rapidez en términos del espacio y del tiempo, ni define al tiempo, ni al espacio. Se trata de una relación cuantitativa entre estos tres conceptos.



Ahora bien, sin entrar en los detalles de cómo formuló Newton su segunda ley, consideramos la forma común de esta ley que aparece en la mayoría de los textos.

$$F = ma$$

Procediendo en forma análoga, podemos notar que en la expresión (2) aparecen tres conceptos, el de fuerza, el de masa y el de aceleración. Cualitativamente, la masa está relacionada con una característica de la materia, la aceleración con su movimiento y la fuerza con la idea de un cambio en el estado de movimiento. En este momento resulta conveniente traer a colación la primera ley de Newton, para aclarar que la idea de fuerza tiene que ver con el cambio en el estado de movimiento de un cuerpo material. La primera ley establece que "un cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento uniforme en una línea recta, *excepto en la medida en que sea compelido a cambiar ese estado por alguna fuerza que actúe sobre él*"

Las cursivas en este enunciado de la primera ley se han puesto para hacer notar que ésta es la traducción correcta de las palabras *nisi quatenus* del enunciado original en latín, y no *a menos*, que es la forma en que normalmente se traduce. Aunque la diferencia es sutil, vale la pena hacer notar que "excepto en la medida en que" implica la existencia de una ley que relaciona al nuevo estado de movimiento con el anterior, además de indicar que es una fuerza lo que motiva ese cambio. En este sentido, la primera ley es, en sí misma, un principio causal casi completo.

Hecha esta aclaración, retomemos la expresión $F = ma$

para insistir en que si se supone conocida la masa, esta expresión sería una definición de la fuerza. Análogamente, si se supone conocida la fuerza, sería una definición de la masa (inercial). Sin embargo, resulta claro que toda medida general de la masa presupone la existencia y validez de la ecuación (2) y también lo hace toda medida general de la fuerza, de tal forma que esta relación *no es una definición* de la fuerza ni de la masa, sino que es una expresión que relaciona cuantitativamente a ambos conceptos. La característica que permite llamar ley a la expresión (2) es la generalización que hizo Newton al suponer que esta expresión es válida en todas las condiciones definidas por la primera ley (es decir, siempre que

las observaciones se hagan desde un referencial inercial), basándose tan sólo en una comprobación experimental limitada. Entre otras cosas, esta generalización implica el principio de conservación del ímpetu, aunque Newton no lo formuló explícitamente.²

Finalmente queremos mencionar que el desarrollo de la gravitación elaborado por Newton es un ejemplo muy claro de su discurso científico, en el cual ejemplifica muy bien cómo se interrelacionan la fuerza y la masa (el experimento de Cavendish para "medir" la masa de la Tierra presupone que

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

y esta expresión presupone $F = ma$) y, desde luego, descalifica algunas interpretaciones erróneas aparecidas recientemente.³ ⊕

Raúl Gómez González

2. Desde luego que se puede invertir la presentación de la mecánica, partiendo primero del principio de la conservación del ímpetu. Sin embargo consideramos que esto es un error metodológico y, además, es presentar las ideas de Newton fuera del marco teórico que él desarrolló.

3. S. Bravo. Sobre la segunda ley de Newton. Boletín de Enseñanza No. 4. Fac. de Ciencias, UNAM. (1982)



LOS PALEOLOCOS/JUACER

