

BRK-001 · Movimiento sin un motor continuo

BRK · Rupturas conceptuales

Juan Seguro · All Rights Reserved

Una piedra sale de una mano, continúa por el aire y finalmente cae. ¿Qué requiere explicación: que siga moviéndose, que se frene, que se desvíe hacia abajo o las tres cosas? Las observaciones no eligen por sí solas la pregunta. Distintas teorías asignan funciones diferentes a la misma secuencia visible.

Un cambio importante en la historia de la mecánica afectó a la persistencia del movimiento. Un cuerpo en movimiento acabó por dejar de necesitar un motor que actuara continuamente solo para mantener una trayectoria rectilínea uniforme. Las interacciones pasaron a ser necesarias para explicar los cambios de esa trayectoria. No fue un único descubrimiento obtenido al observar cómo se deslizaba un objeto. Intervinieron explicaciones rivales sobre la causa, la resistencia, el movimiento natural y la geometría de una trayectoria no perturbada.

1. Por qué un proyectil planteaba un caso difícil

Un objeto empujado desde fuera presenta una situación causal relativamente sencilla mientras continúa el empuje. Un proyectil la complica porque el contacto con quien lo lanza termina antes que su movimiento. Una explicación que exige un motor próximo debe identificar qué sigue produciendo el movimiento.

Una respuesta histórica atribuía una función al medio circundante. La discusión de Buridán rechazaba que el aire impulsara la persistencia del proyectil y situaba una cualidad motriz en el propio proyectil. Como explica el estudio de Jack

Zupko, se trataba de una modificación dentro de un contexto intelectual aristotélico mucho más amplio, no de su abandono en todos los aspectos. [1]

Esta precisión cambia la historia. La discusión medieval no fue simplemente un intervalo vacío entre Aristóteles y la física moderna. Tampoco existió una única «visión medieval» inmutable frente a la cual un científico posterior pudiera realizar una sola observación decisiva. Las teorías podían compartir un vocabulario causal y discrepar sobre dónde reside una causa y durante cuánto tiempo actúa.

2. El ímpetu cambia la ubicación de la causa

En la explicación de Buridán, quien lanza imprime ímpetu en el proyectil. El ímpetu puede sostener el movimiento después de separarse de la mano. La resistencia y una inclinación hacia un movimiento contrario pueden disminuirlo. Su formulación permite la persistencia sin exigir intrínsecamente que el ímpetu se agote por el mero transcurso del tiempo. [1]

Era una posibilidad explicativa importante. Si un objeto se frena, puede preguntarse qué factores opuestos disminuyen lo que se le transmitió, en vez de suponer que separarse del motor debe poner fin al movimiento por sí mismo. La explicación también asocia el ímpetu con la rapidez y la cantidad de materia del cuerpo. [1]

Resulta tentador traducir esa asociación directamente a la cantidad de movimiento moderna. Eso afirmarían más de lo que permite la evidencia. Una dependencia verbal semejante no establece una cantidad matemática idéntica, una ley vectorial de conservación ni las mismas reglas para las interacciones. El ímpetu de Buridán seguía siendo una cualidad motriz que desempeñaba una función causal dentro de un sistema conceptual distinto.

El contraste no es, por tanto, simplemente «fuerza externa», seguida de «fuerza interna», seguida de la respuesta correcta. Trasladar la causa propuesta al interior del cuerpo resolvía un problema y conservaba otro: la continuidad del movimiento seguía explicándose mediante un principio motor que el cuerpo poseía. Una formulación inercial modificaría la exigencia de esa causa.

3. La persistencia aún no especifica la trayectoria

Incluso después de admitir que el movimiento persiste, hay que precisar qué cuenta como su continuación no perturbada. La persistencia rectilínea y la circular no son intercambiables. Un cuerpo que se mueve con rapidez constante en una circunferencia cambia continuamente de dirección. En la mecánica moderna, ese cambio requiere aceleración.

Las formulaciones históricas no partían de todo ese marco moderno ya establecido. Las dos primeras leyes de Descartes en los Principios distinguen la persistencia en un estado del carácter rectilíneo del movimiento. Los estudios especializados contrastan esta formulación explícitamente rectilínea con formas de persistencia circular asociadas a Galileo y Beeckman. La comparación no debe convertir cualquier discusión de Galileo en la posterior primera ley de Newton. [2]

Un recurso moderno útil para distinguir las propuestas, no una cita de estos autores, consiste en imaginar que se elimina la restricción sobre un objeto que recorre una circunferencia. ¿La continuación libre propuesta conserva su trayectoria circular, se dirige radialmente hacia fuera o sigue la tangente? Son predicciones distintas y exigen análisis diferentes de lo que hacía la restricción.

El propio tratamiento cartesiano del movimiento circular y de las tendencias de los cuerpos era más complicado que una versión moderna de manual sobre la inercia. No deben corregirse tácitamente su explicación de los efectos centrífugos y sus reglas de colisión antes de evaluar su contribución. Un marco puede contener una nueva distinción potente y conservar, al mismo tiempo, errores de importancia. [2]

4. Qué pasa a ser el estado por defecto de la explicación

El cambio conceptual se aprecia mejor al comparar dos preguntas. «¿Qué sostiene el movimiento uniforme del cuerpo?» invita a buscar un agente que lo mantenga. «¿Qué cambia el movimiento del cuerpo?» permite que el movimiento uniforme sea un estado por defecto, sujeto a las condiciones del sistema de referencia y de la teoría elegidos.

Esto no hace desaparecer las causas. Redistribuye su función. Empezar a moverse, detenerse, cambiar de rapidez y cambiar de dirección requieren explicaciones en términos de interacción. La persistencia de la velocidad no requiere del mismo modo una fuerza adicional. El objeto en reposo y el que se mueve uniformemente pueden analizarse entonces dentro de un mismo esquema dinámico.

La relación moderna $F = ma$ expresa esa distribución para una masa constante en un sistema de referencia inercial, donde F es la fuerza neta y a la aceleración. Se incluye aquí únicamente para aclarar el punto de llegada de la comparación conceptual. No se presenta como la ecuación de Buridán, la fórmula de Descartes ni un resumen de la vía experimental por la que se estableció la mecánica posterior.

Un objeto corriente que se desliza sobre una mesa no muestra el límite sin fuerzas: las fuerzas de contacto y la resistencia

importan. Ver cómo se detiene no refuta, por tanto, la inercia. Pero imaginar una superficie sin rozamiento tampoco constituye por sí solo una demostración experimental. La idealización resulta científicamente útil por su encaje en un sistema más amplio de interacciones y predicciones medibles.

5. Continuidad sin inventar una cadena de transmisión

La secuencia de ideas no constituye evidencia de una transmisión sencilla de Buridán a Galileo y de este a Newton. Un argumento posterior puede parecerse a otro anterior sin transmisión directa; un autor puede conocer un texto anterior y transformar sus supuestos centrales. Establecer una influencia requiere documentos, no solo semejanza conceptual.

Zupko advierte expresamente contra la presentación de Buridán como precursor directo de Galileo. El estudio de Descartes muestra asimismo cómo una nueva ley podía emplear recursos argumentativos heredados de la filosofía escolástica. Estos ejemplos se oponen tanto a una historia de discontinuidad total como a otra en la que la mecánica moderna ya estuviera presente en la terminología medieval. [1,2]

Lo que cambió fue la estructura del problema explicativo. La persistencia pudo distinguirse de la actividad sostenida desde fuera; la rectilinealidad pasó a ser una condición sustantiva; y la resistencia pudo investigarse como una interacción, en vez de tratarse como el agotamiento inevitable del propio movimiento.

6. El problema que quedó abierto

Una vez que el movimiento no perturbado es el estado por defecto, resulta esencial identificar las condiciones en las que se aplica. Hay que distinguir sistemas de referencia, restricciones e interacciones. El logro abre preguntas sobre cómo se relacionan las

leyes ideales con las mediciones en un mundo lleno de rozamiento y aceleración.

La ruptura no fue, por tanto, ni el descubrimiento de que a veces los objetos siguen moviéndose ni la victoria de una persona sobre una confusión universal. Fue una reorganización de qué necesitaba una causa, qué contaba como estado pertinente de un cuerpo y qué desviaciones de ese estado podían investigarse. Esos cambios hicieron posible otro tipo de explicación dinámica.

Lectura relacionada

El artículo BRK 005, «La geometría deja de tener una única forma inevitable», examina otro cambio en lo que puede suponerse y lo que debe demostrarse.

Referencias

- [1] Zupko, J. "John Buridan." *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, sección sobre filosofía natural e ímpetu. <https://plato.stanford.edu/entries/buridan/>
- [2] Slowik, E. "Descartes' Physics." *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, secciones sobre las leyes del movimiento y las fuerzas de los cuerpos. <https://plato.stanford.edu/entries/descartes-physics/>