

LAS CONCEPTUACIONES DEL MOVIMIENTO

FERNÁNDEZ DURÁN¹, EUGENIO y SOLANO MARTÍNEZ², ISABEL

¹ Dpto. de Física Teórica y del Cosmos. Universidad de Granada.

² Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia.

Palabras clave: Aporías; Punto; Movimiento; Espacio; Materia.

1. INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior, SOBRE EL CONCEPTO DE MOVIMIENTO (Fernández Durán y otros 2004), se exponía: a) la diversidad de conceptos de movimiento implícitos en los distintos contextos actuales y en las distintas épocas de la cultura occidental; b) las pocas y deficientes definiciones explícitas del concepto de movimiento que aparecen en la bibliografía, porque en vez de su identidad intrínseca dan su identidad extrínseca, pero dependiendo de diversos conceptos nuevos.

En este trabajo se analizan las primeras conceptuaciones sobre el movimiento, de las que se tiene constancia histórica, que son las que aparecen en el tratado de Física de Aristóteles (1995).

En dicho tratado se lee (pg. 377):

Zenón formuló cuatro supuestos sobre el movimiento que han producido gran perplejidad en cuantos han intentado resolverlos. Según el primero el movimiento es imposible, porque lo que se moviese tendría que llegar a la mitad antes de llegar al término final. Ya lo hemos discutido antes.

El segundo argumento, conocido como <Aquiles>, es éste: el corredor más lento nunca podrá ser alcanzado por el más veloz, pues el perseguidor tendría que llegar primero al punto desde donde partió el perseguido, de tal manera que el corredor más lento mantendrá siempre la delantera. ...

El tercero, ya mencionado antes, pretende que la flecha que vuela está detenida.

El cuarto argumento supone dos series contrapuestas de cuerpos de igual número y magnitud, dispuestos desde uno y otro de los extremos de un estadio hacia su punto medio, y que se mueven en dirección contraria a la misma velocidad.

Este argumento, piensa Zenón, lleva a la conclusión de que la mitad de un tiempo es igual al doble de ese tiempo.

Lo más probable es, que estas conceptuaciones del movimiento, que Aristóteles achaca a Zenón, fueran compartidas por las distintas escuelas pitagóricas, dado el principio fundamental del pensamiento de Pitágoras: Todas las cosas son números o están formadas por números. La geometría es la máxima expresión lograda de este principio: el punto es la unidad, el segmento lineal recto es el dos, el segmento superficial plano es el tres y el segmento tridimensional es el cuatro. Los elementos materiales son asimilados a los números a partir de su figura: la tierra cúbica, el fuego tetraédrico, el aire octaedro, el agua icosaedro y el quinto elemento el dodecaedro.

También es probable que sea de esta época, la conceptuación del movimiento que en el siglo III a.c. se usa en las proposiciones 1 y 2 del tratado ON SPIRALS de Arquímedes (1897), descrita con la frase “**puntos que se mueven con razón constante**” y cuyas demostraciones remite Arquímedes a Euclides (siglo IV a.c.).

2. ANÁLISIS DE LAS ANTERIORES CONCEPTUACIONES DEL MOVIMIENTO

Las anteriores conceptuaciones del movimiento implican el predominio del contexto matemático y su lógica, frente a la información que la materia suministra a los sentidos corporales.

El predominio de la lógica matemática sobre la información física, se inicia, en la cultura occidental, con Euler, cuando éste introduce el convenio de “masa puntual”, que después ha degenerado en punto físico, punto material, etc. Este predominio alcanza su madurez con los contextos de Lagrange y Laplace, pues entre sus convenios básicos está la sustitución de los cuerpos por sistemas de puntos carentes de volumen. El único tratado conocido sobre “masas puntuales” es el de Euler (Truesdell, 1975) y su contenido no está relacionado con la información física del movimiento, ni justifica por qué se sustituye el cuerpo que se mueve por una masa puntual.

En la actualidad se acepta como convenio la sustitución del cuerpo en movimiento por un punto (mecánica de Euler) (Euler 1736) o por un sistema de puntos libres (mecánica de Lagrange) (Lagrange 1773), pero sin justificación física y sí en base a la metodología matemática. Ya Euler señaló la contradicción intrínseca de la sustitución de Lagrange; pero fue incapaz de encontrar la justificación física de su convenio de sustitución.

Las conceptuaciones pitagóricas del movimiento y la que usa Arquímedes, se basan, al igual que la de Euler, en la sustitución del cuerpo que se mueve por un punto. Pero en las de los pitagóricos, dicha sustitución se amplía con la “divisibilidad hasta el infinito” tanto del tiempo como del espacio, ya sean considerados aislada o conjuntamente.

La “divisibilidad hasta el infinito” aplicada a una distancia impide el movimiento, pues un móvil, para abandonar el punto en que se encuentra, tendría que pasar por los infinitos puntos que obtiene la divisibilidad hasta el infinito del punto dado. Otro tanto se dice del instante en que se encuentra la flecha que vuela. Aquiles no puede alcanzar a la tortuga que le precede, porque antes tiene que pasar por los infinitos segmentos que se obtienen al dividir hasta el infinito la distancia que los separa. Un móvil que se mueve con razón constante puede alcanzar a un observador dado en una duración dada, pero si el observador se mueve con razón constante igual, doble, etc. hacia el móvil, la duración primera será del mismo valor, que su mitad, su tercio, etc. puesto que el observador no puede saber si está quieto o moviéndose.

El elemento clave de las conceptuaciones pitagóricas del movimiento es el concepto de unidad y su divisibilidad hasta el infinito, que aplican al punto y al instante. Lo que no concuerda con dicha lógica es que tal concepto de unidad no se le aplique al móvil. En el concepto del movimiento de Arquímedes el móvil se reduce a un punto geométrico, en el de Euler a una masa puntual y en el de Lagrange a un sistema de puntos libres.

3. ALGUNAS CUESTIONES RELACIONADAS CON LA SEMÁNTICA DEL VOCABLO PUNTO

No se tratarán las cuestiones relacionadas con la semántica del punto cuando éste se considera como elemento espacial. Porque el espacio siempre ha sido, es y será, un concepto que la mente obtiene al llenar o complementar el conjunto de las identidades materiales o identidades que logra establecer a partir de la información inmediata a las señales de los sentidos corporales. Su semántica varía dependiendo de dicho conjunto de identidades materiales y toda semántica de espacio aislada de la materia, sin relación a ella, es pura imaginación, porque los sentidos corporales son incapaces de obtener información cuando hay ausencia de materia. A pesar de esto, la mente osa establecer un concepto de espacio absoluto e independiente de la materia, porque establece el convenio implícito de que se puede aislar la información de la distribución, a pesar de que ésta es intrínseca a la materia. Pero además, según convenga, dicho convenio se acompaña de dos supuestos contradictorios: a) que el espacio es un continuo sin partes y b) que es un continuo constituido por partes elementales a las que denomina puntos, siendo éstos divisibles hasta el infinito. La contradicción entre estos dos supuestos y la intrínseca del apartado b) quedan ocultas por la habituación y la evidencia del punto.

Sin embargo, las dos cuestiones principales que plantea la semántica del punto respecto al movimiento siguen siendo éstas: ¿En qué se basaron los matemáticos de la época de Pitágoras o anteriores, para sustituir la identidad del cuerpo que se mueve por un punto? ¿Por qué no expusieron de manera explícita la identidad del punto?

La sustitución de un cuerpo por un punto es un artificio de la metodología matemática, que nunca ha sido justificado desde la información física, a pesar de que todos los contextos actuales sobre el movimiento dependen del mismo.

En cuanto a la identidad explícita del punto nadie parece preocuparse, a pesar de que la misma es básica y fundamental en los más diversos contextos y no sólo en los relativos al movimiento. Esto puede deberse a que toda mente establece conceptos de punto (toda persona posee conceptos de punto) asociados a los diversos límites de funcionamiento del sistema neuronal y a extrapolaciones de dichos límites.

Un concepto de punto está asociado al límite de divisibilidad de la materia que aún posee identidad evidente, que es la partícula material más pequeña que puede estimular sus sentidos corporales. En consecuencia, el punto es toda porción de materia cuyo conjunto de información evidente (la que puede ser captada por los sentidos corporales) no admite partes, por lo que no posee dimensiones geométricas ni admite división. El problema surge, porque la mente aplica divisiones a dichos límites y conviene en tomar como evidentes a los entes así obtenidos, aunque éstos no lo sean, ya que no pueden ser identificados por los sentidos.

Otro concepto de punto surge en el sistema visual, como el colapso informativo que experimenta una diminuta zona de la fóvea, al exigírselle que responda simultáneamente a los estímulos de dos alineamientos (el típico punto que corresponde al cruce de dos cables sobre el fondo azul del cielo) o el “punto negro” de la retina que corresponde a la salida del nervio óptico. De nuevo, el punto es una porción de materia con identidad evidente y a la que no puede asignársele valor geométrico alguno, por lo que tendrán valores nulos su distancia, su superficie y su volumen.

Téngase en cuenta, que estos puntos no son ausencias de materia; sino porciones de materia en cuyas identidades evidentes no pueden dissociarse las clases de información que corresponden a sus dimensiones geométricas, asignándoles valores nulos.

Es incuestionable, que la identidad evidente del punto es distinta para cada persona y que cada persona puede establecer distintas identidades evidentes de punto de acuerdo con sus sentidos vista y tacto, así como de las condiciones en que éstos funcionan: dos puntos diferenciados por un ojo bajo luz solar directa no lo son en visión escotópica. Dos puntos distinguidos por el tacto a temperatura ambiente no lo son a 273 K

El problema del concepto de punto se agrava, porque mientras que se establece una correlación o integración, entre los valores asignados por los distintos sentidos a las dimensiones geométricas de los cuerpos extensos, tal integración no procede con los puntos, por ser éstos límites inferiores de identificación. Así el tamaño visual de una campana se integra con su tamaño táctil y con su tamaño auditivo; pero el punto visual no se integra con el punto táctil ni con el auditivo.

La semántica del concepto de punto presenta cuestiones irresolubles en geometría: si el punto tiene valor nulo de distancia, será nula la distancia, el área y el volumen, pues la suma lineal, superficial y tridimensional de puntos será nula. Al punto, como elemento básico de la geometría, debe dársele identidad intrínseca y explícita, y no la extrínseca que se le da como intersección de dos líneas, pues el punto es más básico que la línea.

4. CONCLUSIONES

De lo anteriormente expuesto queda patente que la divisibilidad hasta el infinito es un supuesto admitido en los contextos de la numerología y de la geometría, pero que el mismo es inadmisible para la materia, con-

ceptuada ésta como todo aquello que emite estímulos para los sentidos corporales, transformables en señales que se registran en el cerebro. Por lo tanto, no hay señales que apoyen las conclusiones de los pitagóricos sobre el movimiento ni su discusión, pues los sentidos corporales muestran la existencia evidente del movimiento, como expuso Diógenes el Cínico, al que se atribuye la frase: “el movimiento se prueba moviéndose”. A pesar de las conclusiones de los pitagóricos, el corredor llega al final de la pista, la flecha no permanece suspendida en el instante, Aquiles alcanza a la tortuga, etc. En consecuencia, las conceptuaciones absolutas del tiempo y del espacio, no son correctas, porque llevan a conclusiones que contradicen lo que existe y sus relaciones. Si fuesen correctas, el tiempo y el espacio existirían con independencia de la materia, emitiendo estímulos propios e independientes de los de la materia, lo que es evidente que no ocurre.

Igualmente queda patente que hay diversidad semántica del concepto de punto. Esta diversidad no sólo se debe a los distintos límites inferiores que van alcanzando los distintos sentidos corporales en su desarrollo y a la imposibilidad de integración de la información de dichos límites; sino también al progreso estructural de la información que suministran los sentidos corporales, pues a cada nivel estructural corresponde una conceptualización diferente de materia y, en consecuencia, del punto como límite inferior de identidad asociado a ella. ¿Cómo se pueden identificar el punto móvil y los puntos sobre los que se mueve, si sus identidades explícitas es que poseen dimensiones nulas?

La sustitución de un cuerpo por un punto, es un convenio altamente provechoso para las argumentaciones matemáticas; pero oculta la necesidad de información evidente sobre el movimiento de los cuerpos.

Al adoptar los modelos usados en la enseñanza, se aceptan los convenios y supuesto que van implícitos en los mismos, por lo que la estructura de la información que suministran los sentidos corporales sobre el movimiento queda postergada frente a ellos. Por esto, los conceptos de punto, como límites inferiores de los distintos conceptos de materia, se sustituyen por extrapolaciones, a las que se asignan valores nulos en distancia, volumen y superficie. Estas sustituciones llevan implícito el convenio que aísla lo geométrico de la materia, a pesar de que no existe materia en la que esté ausente la información geométrica ni se pueda medir valor geométrico alguno cuando no hay materia. Esto constituye un “error conceptual” muy extendido entre los docentes actuales, en base al cual éstos detectan numerosos “errores conceptuales” en sus alumnos.

El presente trabajo ha sido financiado por la DGICYT como parte del proyecto BSO2001-0496 del Programa de Promoción General del Conocimiento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTÓTELES (1995). *Física*. Traducción: de Echandía, G. Madrid: Gredos.
- ARQUÍMEDES (1897). *On Spirals*. En HEATH, T.L. *The works of Archimedes*. Cambridge: University Press.
- EULER, L. (1736) Mechanica sive motus scientia. Academia de S. Petersburgo
- FERNÁNDEZ DURÁN, E., JIMÉNEZ GÓMEZ, E. y SOLANO MARTÍNEZ, I. (2004). *Sobre el concepto de movimiento*, pp. 515-520. En DÍAZ PALACIO, P. y otros (comp.). XXI Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales. La Didáctica de las Ciencias Experimentales ante las Reformas Educativas y la Convergencia Europea. Guipúzcoa: Universidad del País Vasco.
- LAGRANGE, J.L. (1773). *Nouvelle solution de problème de mouvement de rotation d'en corps de figure quelconque qui n'est animé par aucune force accélératrice*, pp. 85-120. Nouv. Mém. Acad. Berlin.
- TRUESELL, C. (1975). *Ensayos de Historia de la Mecánica*. Madrid: Tecnos.