

## Intermedio Filosófico III

*“El Rayo incrementaba su velocidad mostrando a la nave enemiga su alto espolón, que parecía volar sobre la superficie del mar...”*

*Emilio Salgari – “El Corsario Negro”*

# VELOCIDAD LÍMITE

**Pregunta:** ¿Puede un grito trasladarse más rápido que las moléculas que constituyen el aire?

**Respuesta:** No parece razonable, puesto que el sonido es una onda que se propaga merced a la transmisión de información entre una molécula y otra.

**Pregunta:** ¿Puede un proyectil viajar a velocidades supersónicas?

**Respuesta:** Si. De hecho hasta los aviones lo hacen.

El sonido necesita un medio soporte en el cual propagarse. Los proyectiles pueden moverse en ausencia de aire. En consecuencia no tiene por que estar vinculada la velocidad del sonido y la de los proyectiles.

***Nota:** A temperatura ambiente, la velocidad media de las moléculas de oxígeno y de nitrógeno (constituyentes mayoritarios del aire) poseen una velocidad media cercana a los 500 m/seg. La velocidad del sonido, en las mismas condiciones es cercana a 340 m/s*

Los anteriores son sólo dos ejemplos de movimiento, de los innumerables que ofrece nuestro dinámico Universo.

Estamos acostumbrados a ver que los cambios en el mundo que nos rodea ocurren a diferentes velocidades. Sin embargo, podemos establecer algunas pautas generales que, por razones didácticas, expondré en cuatro sentencias independientes:

- En los sistemas físicos suelen ocurrir cambios.
- Los cambios proceden a una velocidad que depende de las condiciones del sistema.
- Dichas condiciones establecen, inevitablemente, una velocidad máxima para el cambio.
- La velocidad máxima cobra sentido cuando se entiende la naturaleza del fenómeno que se estudia.

A partir de esta enumeración, trataré de racionalizar el significado de **c** como velocidad máxima para los sistemas materiales.

La “demostración” voy a hacerla por inducción, en base a ejemplos conocidos.

## **EJEMPLOS**

La experiencia demuestra que todos los sistemas reales se pueden comparar con sistemas ideales sólo en un rango de valores limitados. Cuanto más nos alejamos de estas condiciones, los sistemas reales resultan menos “ideales”, generando un divorcio notable entre las matemáticas y la física.

Con cualquier sistema real, cuya naturaleza intrínseca conozcamos, sucede lo mismo. Siempre existe un límite (que puede variar con las condiciones) para las velocidades alcanzables. Y no importa que la velocidad pueda aumentarse mediante diversos mecanismos; en algún momento se alcanza una velocidad que no puede superarse.

***Nota:** Cabe aclarar, aunque sea trivial, que la diferencia entre un valor muy grande e infinito, es la misma que existe entre cero e infinito. Ningún número real está más cerca de infinito que el número cero. De forma más gráfica, si intentamos llenar un tonel sin fondo, estaremos tan lejos de lograrlo luego de volcar un balde o un millón de baldes de agua en él.*

### **Velocidad de los Automóviles**

Los automóviles tienen velocidades límite, fijadas no sólo por las leyes de tránsito sino por la velocidad de combustión, la resistencia de los materiales, el rozamiento con el medio, etc.

Si hacemos la abstracción de eliminar todos los limitantes, estamos suponiendo que los sistemas físicos reales se comportan como ideales. Para que un automóvil desarrolle velocidades sin límite deberíamos disponer de:

- Combustión de la gasolina instantánea
- Materiales indestructibles.
- Rozamientos nulos,
- etc.

Y de esta forma tendríamos un excelente automóvil matemático. ☺

### **Velocidad del sonido**

Volviendo al ejemplo mencionado al comienzo de este desarrollo:

- ¿Por qué el sonido se traslada a unos 340 m/s en el aire?

Dejando las ecuaciones de detalle, la explicación simple radica en que las moléculas en el aire tienen una determinada velocidad promedio, y el sonido (que no es más que un movimiento coordinado de las moléculas del aire) no puede moverse más rápido que las moléculas que le dan sostén.

Se aprecia en este ejemplo que, cuando se entiende el fundamento de los fenómenos físicos, es posible hacer predicciones acertadas de comportamiento. De este modo, si queremos transmitir información mediante el movimiento de moléculas de gas, y necesitamos aumentar la velocidad de transmisión, se deben emplear

mecanismos que aumenten la velocidad de las moléculas. Para ello se puede cambiar de gas (las moléculas más livianas se mueven más rápido a la misma temperatura), cambiar la temperatura del sistema, etc.

Pero..., hagamos lo que hagamos, siempre habrá un límite para la velocidad de transmisión de información a través de movimientos coordinados de moléculas.

Imaginar lo contrario es una idealización sin sustento práctico.

## Los Tornados

Aunque los tornados poseen una identidad propia en la gran masa de aire, sería sorprendente que un tornado (formado "sólo" por el movimiento coordinado de moléculas de aire) se trasladara a velocidades superiores a las de las moléculas que le dan origen. ¡Sería algo así como un conjunto de moléculas del aire viajando más rápido que las moléculas del aire!

## Velocidad de las Partículas Materiales

Los datos de la realidad (mediciones experimentales) parecen indicar concluyentemente que  $c$  es un límite para las velocidades de los objetos materiales. El caso más elocuente se presenta en los aceleradores de partículas. Para que el sistema acelerador funcione, resulta necesario tener en cuenta los cambios de la masa con la velocidad.

La masa tiende a infinito cuando la velocidad de las partículas se aproxima al valor  $c$ . Y esto fija un límite para la velocidad máxima de un sistema material. Dado que la masa tiende a infinito, la velocidad  $c$  se transforma en un límite inalcanzable.

Muchas veces he observado oposición a la existencia de esta velocidad límite para las partículas materiales, como si fuera algo que va contra la lógica.

¿Por qué no se considera ilógico que exista una velocidad límite para transmitir sonidos?

En realidad creo que el planteo adecuado es el siguiente: Si el mundo físico parece indicar que la máxima velocidad que pueden alcanzar los objetos materiales es de 300.000 km/s, ¿Cuál es la razón de este límite?

Si nos planteamos esta última pregunta creo que estaremos avanzando en el entendimiento del fenómeno. Tomaríamos un dato de la realidad y, en vez de negarlo (o simplemente aceptarlo), nos preguntaríamos ¿Por qué ocurre?

**Nota:** Siguiendo este tipo de planteo, se llegó a desarrollar la Teoría Cinética de los Gases, que no sólo explica la transmisión del sonido, sino todos los fenómenos de transporte en fase gaseosa.

Volviendo al planteo principal, si aceptamos que  $c$  es el límite para la velocidad de desplazamiento de los sistemas materiales cabe preguntarse:

- ¿Qué es lo que fija este límite?
- ¿Existe una estructura subyacente, como en el caso de las moléculas de gas, que impide desplazamientos coordinados a mayores velocidades que  $c$ ?

- ¿Podemos alterar ese límite, del mismo modo que se hace con la temperatura en el caso del sonido?

## **RESUMEN Y CONCLUSIONES**

Es natural que existan velocidades máximas para cualquier fenómeno que analicemos. Por otro lado sólo se entiende el significado físico de un límite de velocidad cuando el sistema se conoce íntimamente.

La velocidad máxima de las partículas materiales parece ser  $c$ .

Cabe entonces preguntarse:

- ¿Por qué  $c$ ? Es muy sugestivo que los sistemas materiales tengan como límite de velocidad a la velocidad de las ondas electromagnéticas.
- ¡¿No es ésta una increíblemente fuerte indicación de que el mismo fenómeno que gobierna el valor de la velocidad de las ondas electromagnéticas también forma parte de la constitución de lo que llamamos materia?!
- ¿Hay alguna propiedad más profunda que une ambos fenómenos?