

### 33. La estratificación de la atmósfera por temperaturas

Friedrich Herrmann. Universidad de Karlsruhe, Alemania  
Georg Job. Universidad de Hamburgo, Alemania  
Nelson Arias Ávila. Universidad Distrital, Bogotá, Colombia

#### *Tema:*

En las alturas “hace frío”. Es por todos conocido que en Bogotá la temperatura es más baja que en el valle del río Magdalena. Si el aire caliente y cargado de humedad asciende, se acumulan nubarrones produciendo lluvias frías y granizo. Las nubes, la lluvia, el granizo y la nieve deben su aparición a la baja temperatura en las alturas, la cual se mantiene a pesar de que el aire esté en continuo movimiento mezclándose permanentemente.

#### *Defectos:*

En la Física escolar no se acostumbra discutir ni explicar tales fenómenos, que son cotidianos en la atmósfera, mientras si se analizan otros como la dilatación térmica de los sólidos, cuya variación es del orden de  $10^{-3}$ , dedicándole en ocasiones un tiempo considerable, a pesar de que el fenómeno mencionado es fácil de observar y explicar e importante no solamente para comprender los procesos atmosféricos. Los mismos fundamentos teóricos permiten describir y explicar el funcionamiento de las neveras, las bombas de calor, las turbinas de vapor, los motores de un carro, entre otros. El calentamiento de los meteoritos al entrar en la atmósfera, la necesidad de un escudo térmico para las cápsulas espaciales y el llamado muro térmico, que limita la velocidad de las aeronaves, son consecuencias espectaculares que tienen la misma explicación, la cual consiste en que los gases (y en menor medida sólidos y líquidos) se calientan al comprimirse y se enfrían al dilatarse sin que sea necesario suministrar o sacar calor.

Los meteoritos se vaporizan parcial o totalmente debido a la alta temperatura del aire comprimido delante de ellos. La mezcla de gasóleo y oxígeno se auto-inflama en el cilindro de un motor diésel. La atmósfera terrestre debe su estratificación por temperatura con  $+15^{\circ}\text{C}$  en el suelo y  $-50^{\circ}\text{C}$  a 10 km de altitud a este efecto, que se manifiesta en que el aire al subir, debido a la disminución de la presión, se dilata, enfriándose y formando nubes. Al bajar el aire, la presión aumenta, este se calienta y las nubes desaparecen. Incluso cuando hay muchas nubes y tiempo tormentoso, en el suelo existe buena visibilidad, porque las nubes se disuelven al descender. La circulación del aire no dificulta la formación del gradiente de temperatura, sino que la condiciona.

#### *Origen:*

En una burbuja de gas de 1cm de diámetro, cualquier diferencia de temperatura desaparece aproximadamente en 1s. Sin embargo, el tiempo de relajación aumenta con el cuadrado del diámetro de modo que para 100 m se tendrá un tiempo de relajación de  $10^8$  s. Cuanto más grande es la extensión, tanto menos importante es el intercambio de calor. Por eso en el espacio único “atmósfera” dominan procesos isoentrópicos, usualmente conocidos como adiabáticos, mientras en el espacio restringido “laboratorio” todo tiende a ser más bien isotérmico. La descripción física que se discute o analiza en clase se fundamenta generalmente en la experiencia del laboratorio donde la

temperatura  $T$  es la magnitud dominante, mientras que la entropía  $S$  no es considerada, con el resultado de que también se excluyen toda una serie de fenómenos y conceptos que son difíciles de describir sin ésta. Así, por ejemplo, se llama isotérmica (o isoterma) a una curva de temperatura constante, mientras una curva de entropía constante se denomina adiabática, en lugar de isoentrópica. Las diversas isotermas se caracterizan con las temperaturas correspondientes  $T_1$ ,  $T_2$ , etc., mientras que para caracterizar las adiabáticas se debe recurrir a cierto tipo de paráfrasis. La distribución de la presión con la altitud se describe con la fórmula barométrica que hace referencia a una atmósfera isotérmica, lo cual es irreal en sumo grado.

*Eliminación:*

Existirá dificultad para el tratamiento de procesos isoentrópicos, mientras no se reconozca la importancia y sencillez que para la descripción y explicación de diversos fenómenos aporta el concepto de entropía. Se pueden evitar los obstáculos mencionados (y otros), si se tiene en cuenta que la palabra coloquial "calor" describe muy bien lo que en la Física se cuantifica con la magnitud entropía. Si se habla de entropía de la misma manera como del calor en la vida cotidiana, se llega a una descripción intuitiva y correcta de los fenómenos mencionados.