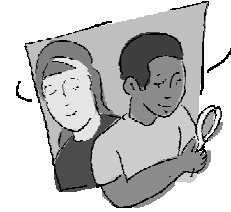


Cálculo de la Masa Relativa del Aire



Objetivo General

Enseñar al alumnado el concepto de masa relativa del aire y demostrar cómo el ángulo de elevación solar influye en la intensidad de la luz solar que llega a un observador que se encuentra en el suelo.

Visión General

El alumnado trabaja en grupos para calcular la masa relativa del aire usando geometría simple.

Objetivos Didácticos

Comprender la relación entre ángulo de elevación solar y masa relativa del aire.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Procesos dinámicos tales como la rotación de la Tierra influyen en la energía transferida desde el sol a la Tierra.

Beneficios del Estudio de la Atmósfera

La longitud del recorrido de la luz solar incidente a través de la atmósfera (masa relativa del aire) varía en función del ángulo de elevación solar.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas.
Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas.

Utilizar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar y crear modelos a partir de la experiencia.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

Lecturas de elevación por la mañana: 5 minutos cada una; es necesario que sea un día soleado.

Cálculo de la masa del aire: 20 minutos

Nivel

Medio y secundaria

Materiales y Herramientas

Metro dividido en centímetros.

Poste, al menos de 50cm de alto, para ser utilizado como indicador (por ejemplo, poste de madera)

Hoja de Datos de Calculando la Masa de Aire Relativa

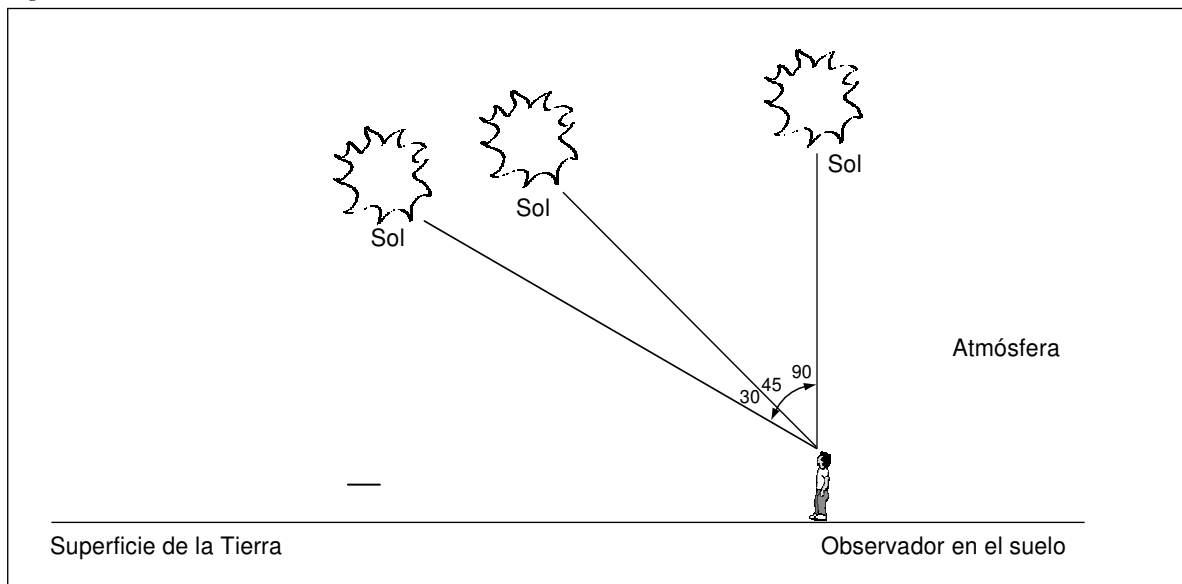
Preparación

Ninguna

Requisitos Previos

Construcción de un Reloj Solar
(sugerido para alumnado más joven)

Figura AT-MA-1



Apoyo al Profesorado

Antecedentes

La *Masa Relativa de Aire* es una proporción que indica la cantidad de atmósfera que debe atravesar la luz antes de llegar a un observador que se encuentra en el suelo. Cuando el sol está completamente vertical, la luz solar atraviesa la menor cantidad de atmósfera para alcanzar el suelo. Esto se define como una masa relativa del aire 1,0. En este caso, el sol está a 90° sobre el horizonte. Cuando el sol está a 30° sobre el horizonte, la luz solar atraviesa el doble de atmósfera para alcanzar a un observador en el suelo, y la masa relativa del aire es 2,0. Así, la masa relativa del aire es función del ángulo de elevación solar.

En el *Protocolo de Aerosoles*, la cantidad (la intensidad) de luz solar que llega al aparato depende de la cantidad de atmósfera entre el aparato y el sol, así como de la cantidad de aerosoles en la atmósfera. Por ello, la masa de aire relativa que se calcula en esta actividad es importante para interpretar los datos obtenidos mediante el fotómetro solar GLOBE. En *Observación de los Datos del Protocolo de Aerosoles*, se proporciona una técnica para calcular el espesor óptico de aerosoles a partir de las lecturas del voltaje del fotómetro. Este cálculo requiere conocer la masa relativa en el momento de observación.

Para ayudar al alumnado a comprender cómo el ángulo de elevación solar influye en la masa relativa del aire, haga un esquema en la pizarra como el que se muestra arriba o utilice un proyector para mostrar la figura. Invite a los estudiantes a usar un metro para medir la distancia desde la parte más alta de la atmósfera hasta el observador para ángulos de 90 , 45 y 30 grados. Deberían apreciar que según disminuye el ángulo de elevación solar, aumenta el camino que debe recorrer la luz solar a través de la atmósfera. Pídales que hallen la proporción de cada recorrido respecto al ángulo de 90 grados. Estas proporciones son recorridos relativos a través de la atmósfera y equivalen a las masas relativas de aire.

La masa relativa del aire se puede calcular en el campo a partir de la longitud de la sombra proyectada por un poste vertical. El poste utilizado con este propósito se llama *gnomon solar*. En la Figura AT-MA-2A, el recorrido a través de la atmósfera (p) es función del ángulo de elevación (e). La distancia desde el suelo a la parte superior de la atmósfera (d) se puede considerar constante. Como se muestra en la Figura AT-MA-2B, la luz solar que llega al gnomon solar proyecta una sombra creando un triángulo rectángulo. Los tres lados de este triángulo son: la altura del gnomon (h), la longitud de la sombra del poste sobre el suelo (r), y la hipotenusa (c).

El ángulo de elevación solar (e) es igual en los triángulos rectángulos de ambas figuras, haciendo que sean triángulos semejantes, dado que la relación entre la hipotenusa y el lado opuesto e es la misma en ambos casos. Por ello, se puede determinar la masa relativa del aire (p/d) midiendo el triángulo formado por el gnomon solar y su sombra.

Hay varias maneras de hallar la masa relativa del aire dependiendo de la destreza matemática del alumnado. Si sólo saben aritmética, pídeles que midan c directamente como se sugiere en los pasos siguientes.

Ecuación 1 Masa relativa de aire $= \frac{c}{h}$

Si saben algo de geometría y saben hacer raíces cuadradas, entonces se puede medir la longitud de la sombra (r) y la altura del gnomon (h), y:

Ecuación 2 Masa relativa de aire $= \frac{c}{h}$

$$= \sqrt{\frac{h^2 + r^2}{h^2}} = \sqrt{1 + \frac{r^2}{h^2}}$$

Si saben funciones trigonométricas, se puede medir e, y:

Ecuación 3 $\text{sen}(e) = h/c$

Ecuación 4 Masa relativa de aire $= c/h = 1/\text{sen}(e)$

Pida al alumnado que piense cuánta masa relativa de aire influiría sobre la intensidad de la luz solar que vería un observador desde el suelo. Lo más importante es comprender que cuanto mayor sea el recorrido, menor luz solar llegará. Esto pasa incluso en una atmósfera despejada, tal como los estudiantes lo pueden comprobar al observar que la luz solar no es tan fuerte cerca del amanecer y del anochecer como al mediodía.

También se debe destacar que fuera de los trópicos el sol nunca se encuentra directamente sobre nuestras cabezas, y la masa relativa de aire es siempre mayor que uno.

El alumnado también puede preguntar por qué el sol parece más rojo al amanecer y al anochecer que al mediodía. El recorrido de la luz solar a través de la atmósfera es mayor al amanecer y al anochecer, por lo que el número de moléculas de gas y partículas que pueden dispersar la luz solar es mayor a estas horas. Los gases de la atmósfera dispersan la luz azul con más intensidad que la luz roja. Al anochecer, cuando la masa relativa del aire es mayor, dominan los colores naranjas y rojos porque casi toda la luz violeta, azul, verde y amarilla ha sido dispersada, dejando sólo los tonos rojos y naranjas (longitudes de onda). Las cantidades relativas de las diferentes longitudes de onda en la luz solar junto con la cantidad relativa dispersada por los gases de la atmósfera hacen que nuestro cielo sea azul. Durante la mayor parte del día cuando miramos al cielo y no al sol, la luz que llega a nuestros ojos es luz solar dispersa, y el azul es el color predominante. Los aerosoles del cielo tienden a hacer que el cielo parezca menos azul y más blanquecino.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Organizar al alumnado en grupos de tres
2. Elegir un día soleado. A no ser que el centro escolar esté a una latitud relativamente alta (superior a $\sim 50^\circ$ N ó S), es mejor realizar esta actividad antes de media mañana o después de media tarde.
3. Buscar un lugar llano en el exterior que no tenga sombra durante esta actividad. Colocar un gnomon solar (un poste de madera u otro objeto recto) de al menos 50 cm. sobre el suelo. Utilizar una cuerda con un peso en un extremo o un nivel para asegurarse de que el poste es perpendicular respecto al suelo. Mida la longitud del gnomon sobre el suelo y anótela en la *Hoja de Datos de Cálculo de la Masa Relativa de Aire*. A continuación, mida la distancia desde la parte superior del poste hasta el final de la sombra. Esta es la hipotenusa del triángulo. Mida la distancia con un metro. Pida a los tres estudiantes de cada grupo que hagan esta lectura individualmente y que anoten los resultados en la misma *Hoja de Datos*.
4. Pídeles que hallen la media de las hipotenusas anotadas.

Figura AT-MA-2A: Esquema Simple de Masa Relativa de Aire

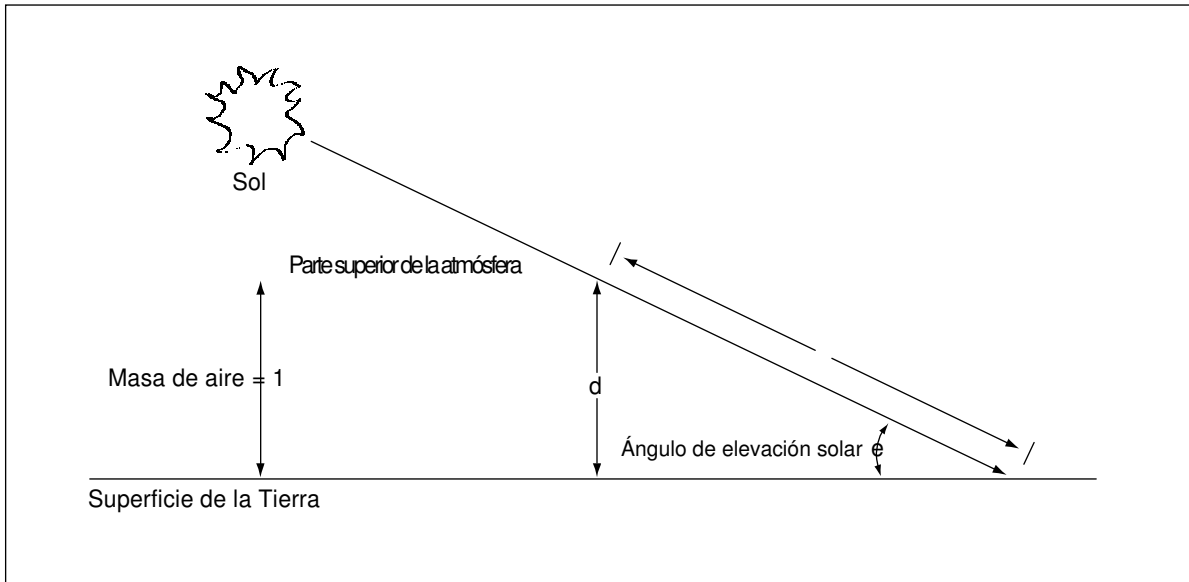
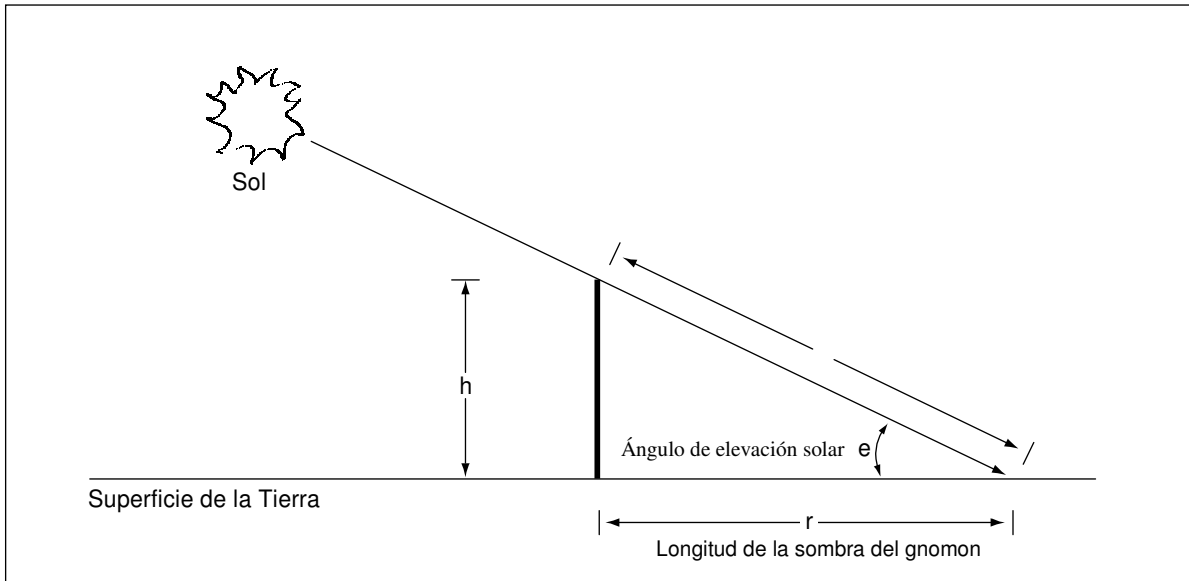


Figura AT-MA-2B: Esquema simple de la masa relativa del aire



Variación de la Masa Relativa de Aire

1. Calcular el valor de masa relativa del aire para cada uno de los cinco días usando las ecuaciones 1 ó 2.
2. Formular las siguientes preguntas al alumnado: ¿Cómo podrían variar los resultados de la masa relativa del aire si los resultados fueran calculados a diferentes horas del día? ¿Cómo podrían variar los resultados de la masa relativa del aire realizados a la misma hora del día en diferentes momentos del año?

Modificaciones para el Alumnado Mayor

Pedir al alumnado que mida y calcule la media de la longitud de la sombra, en lugar de la hipotenusa, y que calcule la masa relativa del aire mediante la ecuación 2.

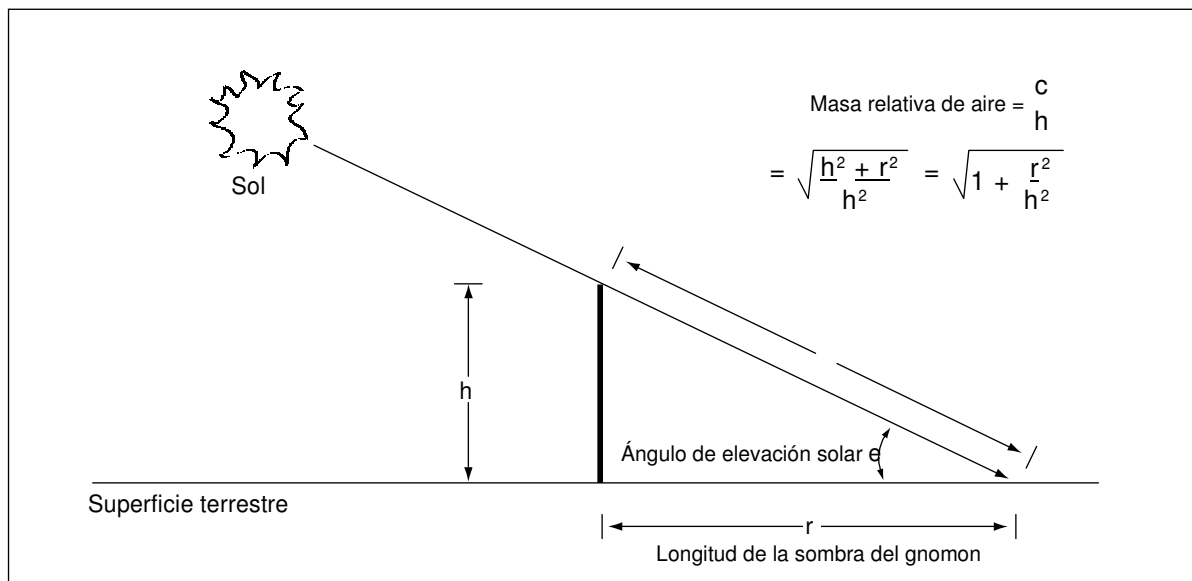
Pedir al alumnado que calcule el ángulo de elevación solar y utilice las ecuaciones 3 y 4 para calcular la masa relativa del aire.

Cálculo de la Masa Relativa de Aire

Hoja de Datos

- Colocar un gnomon solar en el exterior un día que vaya a ser soleado por la mañana. Trabajar con grupos de tres estudiantes y medir la altura del gnomon, así como la longitud de la hipotenusa del triángulo formado por el gnomon solar y la sombra que proyecta usando un metro o, si la sombra es muy grande, una cinta métrica. Un miembro del grupo debe ayudar a sujetar el metro o la cinta métrica en la parte superior del poste mientras se lee la longitud hasta el final de la sombra. Cada miembro del grupo debe realizar estas mediciones. Anotar el nombre de cada miembro del grupo y cada una de las mediciones en la siguiente tabla:

Nombre del alumno/a	Hora local	Hora universal	Altura del poste(h)	Longitud de la hipotenusa (c)
1.				
2.				
3.				
Media				



- Calcular la longitud media de la hipotenusa a partir de la suma de las mediciones de los tres miembros del grupo y dividiéndola entre 3. Anotar el valor medio de la longitud de la hipotenusa del grupo en la tabla anterior.

