

AUXILIAR III-GF500

Profesor: Roberto Rondanelli    Auxiliar: Constanza Paredes

1) Breve revisión tarea

2) a) Explique por qué, dada una parcela de aire a presión constante, se cumple que  $T_d < T_w < T$ .

**RESPUESTA**

$T_d$ : Temperatura de punto de rocío, es decir, temperatura a la cual debe descender el aire hasta que se alcance la saturación, manteniendo la razón de mezcla de vapor de agua y la presión constantes.

$T_w$ : Temperatura a la que se puede descender la temperatura del aire vía evaporación de vapor. Este segundo proceso enfría el aire por que se está consumiendo calor como calor latente de evaporación.

La saturación se alcanza cuando  $r=r_s(T)$ . Es claro que para el primer proceso, manteniendo  $r$ , se hace descender  $T$  para que  $r_s(T)$  descienda hasta alcanzar  $r$  (fijo). En el segundo proceso, en cambio, se hace descender  $T$  y al mismo tiempo se aumenta  $r$  (en la acción de evaporar agua), por ese motivo, dado que  $r$  aumenta, el descenso de temperatura hasta alcanzar la saturación es menor. Si recordamos que HR se relaciona con la razón  $r/r_s$ , es claro que en el primer caso sólo estamos bajando el denominador hasta que la razón alcance 1 ( $HR=100$ ), en el segundo caso además de bajar el denominador se está aumentando el numerador.

b) Explique por qué en un día caluroso es más desagradable el calor en un lugar con aire muy húmedo que en un lugar seco, a la misma temperatura.

**RESPUESTA**

El cuerpo humano se enfría por medio del sudor, específicamente la temperatura descende porque el agua, al evaporarse, consume calor del cuerpo. Si el aire está saturado o cercano a la saturación, como en un lugar tropical de clima húmedo, el sudor no se evapora. Por el contrario, en un lugar seco, como un desierto, el sudor se evapora y permite aliviar parcialmente la sensación de calor.

c) ¿Cree usted que el sistema de ventiladores que rocían agua en el Metro es efectivo? Proponga un método más efectivo para hacer la temperatura del Metro más agradable para sus usuarios.

## RESPUESTA

El sistema de ventiladores que rocían agua en el Metro está recirculando aire en el mismo Metro, cargado de gotitas de agua que caen sobre la gente. El problema del aire en el metro es que, debido a la gran cantidad de gente, se encuentra saturado y (ver parte b)) esto lo hace más desagradable que si estuviera seco. Por lo mismo, rociar agua sólo ayudar a refrescar a la gente en tanto esa agua está fría y hace descender la temperatura de la piel por conducción de calor, sin embargo el flujo de calor es mucho más eficiente si es posible que la piel evapore transpiración. Un método (más costoso) de refrescar el metro sería capturar la humedad del aire con filtros, o inyectar aire fresco (y subsaturado) de superficie y retirar el aire húmedo, que cumpliría 2 funciones: disminuir la temperatura del aire y permitir evaporación.

d) Explique por qué las parcelas que están saturadas tienen una tasa de descenso de temperatura con la altura menor que las parcelas secas.

La razón física de esto es que, para un proceso en que la parcela no intercambia calor ni masa con el ambiente, si la parcela está seca tiene una tasa de descenso de temperatura adiabática seca (10 K/km). En cambio, si la parcela está saturada, existe liberación de calor latente de condensación, ya que conforme la parcela disminuye su temperatura, disminuye su razón de mezcla de saturación, por lo tanto existe un aumento de la cantidad de agua líquida (que se condensa por disminución de  $r_s$ ) por kilogramo de aire. Dado que con cada grado que se disminuye la temperatura, se libera calor latente de condensación, este calor compensa en parte el descenso de temperatura por ascenso, el resultado neto es un descenso de temperatura menor que si la parcela estuviera seca.

e) Explique principio físico del funcionamiento de un psicrómetro de aspiración

## RESPUESTA

El psicrómetro de aspiración funciona con un termómetro de bulbo húmedo y uno de bulbo seco. El termómetro de bulbo seco mide la temperatura del aire y el de bulbo húmedo la temperatura de bulbo húmedo. Estos dos valores sirven para medir la humedad relativa. Si la humedad relativa fuera 100% (saturación), el termómetro de bulbo húmedo mediría lo mismo que el otro, ya que la gasa húmeda no estaría evaporando. Por el contrario, si la humedad relativa fuera muy baja, la humedad de la gasa se evaporaría a tasa muy alta, de modo que ambos termómetros tendrían gran diferencia en sus temperaturas. Este principio sirve para medir HR.

- 3) Una parcela de aire a 950 hPa tiene una temperatura de 15°C y una temperatura de punto de rocío de 4°C. Determine la presión de vapor, la razón de mezcla de vapor de agua, la humedad específica, temperatura virtual, la humedad relativa y la temperatura potencial de la parcela. ¿Qué error porcentual se comete en la densidad si se usa T en vez de  $T_v$ ? ¿Cómo cambian esos valores si la parcela asciende adiabáticamente hasta 850 hPa?.

### RESPUESTA

Usando Clausius-Clapeyron aplicado al punto de rocío podemos calcular la presión de vapor de la parcela:

$$e = e_s(T_d) = 6.11 * \exp\left(5420 \left[\frac{1}{273} - \frac{1}{277}\right]\right) = 8.13 \text{ hPa}$$

Con la misma ecuación podemos calcular la presión de vapor de saturación:

$$e_s(T) = 6.11 * \exp\left(5420 \left[\frac{1}{273} - \frac{1}{288}\right]\right) = 17.18 \text{ hPa}$$

De donde podemos despejar la humedad relativa:

$$HR = 100 \frac{e}{e_s} = 100 \frac{8.13}{17.18} = 47,32\%$$

La razón de mezcla de vapor de agua es:

$$r = \frac{\rho_v}{\rho_d} = \frac{e/R_v T}{(P - e)/R_d T} \approx \varepsilon \frac{e}{P} = 0.622 \frac{8.13}{950} = 0.0533 = 5,33 \text{ g/Kg}$$

La humedad específica es:

$$q = \frac{r}{1 + r} = \frac{0.0533}{1.0533} = 0.053 = 5.3 \text{ g/Kg}$$

Temperatura virtual:

$$T_v = T(1 + 0.608q) = 288(1 + 0.608 * 0.053) = 288,92$$

Temperatura potencial:

$$\theta = T \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{R}{c_p}} = 288 \left(\frac{1000}{950}\right)^{\frac{287}{1004}} = 292.3$$

El error en la densidad calculada con la temperatura real es:

$$\Delta\rho = \frac{P}{R_d} \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_v}\right] = \frac{95000}{287} \left[\frac{1}{288} - \frac{1}{288,92}\right] = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Ascenso adiabático: temperatura potencial constante (permite despejar la temperatura a 850 hPa):

$$292.3 = \theta = T_2 \left( \frac{P_0}{P_2} \right)^{\frac{R}{c_p}} = T \left( \frac{1000}{850} \right)^{\frac{287}{1004}} \rightarrow T = 279,03 \text{ K}$$

Con Cl-CI calculamos la presión de vapor de saturación:

$$e_s(T) = 6.11 * \exp \left( 5420 \left[ \frac{1}{273} - \frac{1}{279.03} \right] \right) = 9.38 \text{ hPa}$$

Suponiendo que no hay condensación, la razón de mezcla de la parcela es constante (por tanto la humedad específica es la misma también), de modo que despejamos e:

$$e \approx \frac{1}{\varepsilon} rP = \frac{1}{0.622} 0.0533 * 850 = 7.28 \text{ hPa}$$

De donde podemos despejar la humedad relativa:

$$HR = 100 \frac{e}{e_s} = 100 \frac{7.28}{9.38} = 77.61\%$$

La temperatura de punto de rocío se obtiene de despejar la ec. de Cl-CI:

$$7.28 = e_s(T_d) = 6.11 * \exp \left( 5420 \left[ \frac{1}{273} - \frac{1}{T_d} \right] \right) \rightarrow T_d = 274.04 \text{ K}$$

Temperatura virtual:

$$T_v = T(1 + 0.608q) = 279.03(1 + 0.608 * 0.00533) = 279.93$$