



Karadeniz Teknik Üniversitesi

Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

TEKNİK FİZİK

SU BUHARI – ÖRNEK PROBLEMLER

Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ



Su Buharı

Doymuş su buharı tablosu bulundurulacak

Su Buharı

Örnek Problem - Su Buharı 1.29: 10 ata basınç altındaki 12 kg doymuş su buharının toplam ısısını, buharlaşma gizli ısısını bulunuz.

Veriler:

$$p = 10 \text{ ata}$$

$$m = 12 \text{ kg}$$

Çözüm:

Sıcaklık, Dupperet formülünden hesaplanır.

$$p_b \text{ (ata)} = \left(\frac{t_b \text{ (}^\circ\text{C)}}{100} \right)^4$$

$$t_b \text{ (}^\circ\text{C)} = 100 \sqrt[4]{p_b \text{ (ata)}}$$

$$t_b = 100 \sqrt[4]{10} \rightarrow t_b = 178 \text{ }^\circ\text{C}$$



Su Buharı

Sıcaklık, basınca göre düzenlenmiş doymuş su buharı tablosundan da bulunabilir.

Buharın toplam ısısı Regnault formülünden hesaplanır.

$$q_t = 606,5 + 0,305 \times t_b \text{ [kCal/kg]}$$

$$q_t = 606,5 + 0,305 \times 178 \rightarrow q_t = 660,79 \text{ [kCal/kg]}$$

$$Q_t = m q_t = 12 \text{ kg} \times 660,79 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \rightarrow Q_t = 7928,48 \text{ kCal}$$

$$1 \text{ kCal} = 4,186 \text{ kJ} \rightarrow Q_t = 7928,48 \text{ kCal} \times \frac{4,186 \text{ kJ}}{1 \text{ kCal}} \rightarrow$$

$$Q_t = 33192,8 \text{ kJ}$$



Su Buharı

SIVI ISISI:

$$q_s = C_s t_b$$

$$q_s = 1 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 178^\circ\text{C} \rightarrow q_s = 178 \text{ kCal/kg}$$

$$q_s = 178 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \times \frac{4,186 \text{ kJ}}{1 \text{ kCal}} \rightarrow q_s = 745,108 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_s = m q_s = 12 \text{ kg} \times 745,108 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow Q_s = 8941,296 \text{ kJ}$$

$$q_t = q_s + r_0 \rightarrow r_0 = q_s - r_s$$



Su Buharı

Örnek Problem - Su Buharı 1.30: 10 ata basınçta kuruluk derecesi 0,90 olan nemli doymuş su buharının; (a) bütün ısını ve (b) buharlaşma gizli ısını bulunuz.

Veriler:

$$p = 10 \text{ ata}$$

$$x = 0,90$$

Çözüm:

(a) Toplam ısı:

$$q_t = q_s + x r_0$$

$$q_t = 606,5 + 0,305 \times t_b \text{ [kCal/kg]}$$

$$q_t = 606,5 + 0,305 \times 178 \rightarrow q_t = 660,79 \text{ [kCal/kg]}$$



Su Buharı

(b) Buharlaştırma gizli ısısı:

$$q_s = C_s t_b$$

$$q_s = 1 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 178^\circ\text{C} \rightarrow q_s = 178 \text{ kCal/kg}$$

$$r_0 = q_s - r_s$$

$$r_0 = 660,79 - 178 \rightarrow r_0 = 482,79 \text{ kCal/kg}$$

$$q_t = 178 + 0,90 \times 482,79 \rightarrow \mathbf{q_t = 612,51 \text{ kCal/kg}}$$

$$r_0 = q_t - q_s$$

$$r_0 = 612,51 - 178 \rightarrow \mathbf{r_0 = 434,51 \text{ kCal/kg}}$$

Diğer şekilde;

$$r_0 = 0,90 \times 482,79 \rightarrow \mathbf{r_0 = 434,51 \text{ kCal/kg}}$$



Su Buharı

Örnek Problem - Su Buharı 1.31: 8,5 ata basınç altında buharlaşmakta olan nemli doymuş buharın kuruluk derecesi 0,95 olduğuna göre nemli buhar karakteristiklerini doymuş su buharı tablosu aracılığı ile bulunuz.

Veriler:

$$\begin{aligned}x &= 0,95 \\p_b &= 8,5 \text{ ata için } (t_b = 172,12 \text{ }^\circ\text{C}); \\h_s &= 173,9 \text{ kCal/kg} \\h_b &= 661,4 \text{ kCal/kg} \\S_s &= 0,4298 \text{ kCal/kg}^\circ\text{C} \\S_b &= 1,5879 \text{ kCal/kg}^\circ\text{C} \\v_b &= 0,2312 \text{ m}^3/\text{kg} \\v_s &= 0,001118 \text{ m}^3/\text{kg} \\r_0 &= 487,5 \text{ kCal/kg}\end{aligned}$$



Su Buharı

Çözüm:

Nemli buharın özgül hacmi: $v_x = x v_b$

$$v_x = 0,95 \times 0,2312 \rightarrow v_x = 0,2196 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Nemli havanın entalpisi: $h_x = h_s + x r_0$

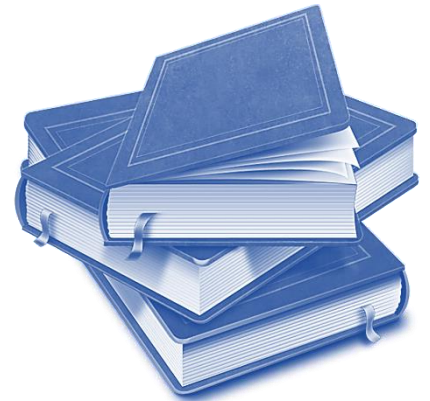
$$h_x = 173,9 + 0,95 \times 487,5 \rightarrow h_x = 637 \text{ kCal/kg}$$

Nemli buharın entropisi: $S_x = S_s + x S_r$; $S_r = S_b - S_s$

$$S_x = S_s + x (S_b - S_s)$$

$$S_x = 0,4928 + 0,95 \times (1,5879 - 0,4928)$$

$$S_x = 1,5331 \text{ kCal/kg}^\circ\text{C}$$



Su Buharı

Nemli buharın iç enerjisi: $u_x = h_x - p v_x$

$$p = p_b - 1 = 7,5 \text{ at} = 7,5 \times 10^4 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2} = 9,81 \times 7,5 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \\ = 73,575 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$h_x = 637 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \times 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kCal}} \times \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 2666482 \text{ J/kg}$$

$$u_x = 2666482 \frac{\text{J}}{\text{kg}} - 73,575 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 0,2196 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ Nm}}$$

$$u_x = 2666482 - 161571 \rightarrow u_x = 2504911 \text{ J/kg} = 2504,911 \text{ kJ/kg}$$



Su Buharı

Örnek Problem – Su Buharı 1.32: Sabit hacimdeki kapalı bir kap içerisinde $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta kuruluk derecesi 0,15 olan 5 kg su buharı bulunmaktadır.

- Kap içerisindeki basıncı bulunuz.
- Kabin hacmini bulunuz.

Veriler:

$$T = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$x = 0,15$$

$$m = 5\text{ kg}$$



Su Buharı

Çözüm:

a) $p_{bd,90\text{ °C}} = 70,11\text{ kPa}$ (Doymuş su buharı tablosu)

b) $V = m v$

$$v = v_s + x v_b$$

$T = 90\text{ °C}$ için doymuş su buharı tablosundan;

$$v_s = 0,0010361\text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_b = 2,361\text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v = 0,0010361\text{ m}^3/\text{kg} + 0,15 * 2,361\text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v = 0,3552\text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V = 5\text{ kg} * 0,3552\text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V = 1,7759\text{ m}^3$$



Su Buharı

Örnek Problem – Su Buharı 1.33: Bir silindir-piston sistemi içerisinde başlangıçta $p_1 = 300$ kPa basınçta ve $V_1 = 0,2$ m³ hacimde bulunan 0,5 kg su buharına dışarıdan ısı verilerek sıcaklığı 200 °C'a çıkarılmaktadır. Piston sürtünmesiz hareket etmektedir.

- Sisteme verilen ısı miktarını
- Buharın yaptığı iş
- Pistonun ve üzerindeki ağırlığın kaldırılması için yapılan faydalı işi hesaplayınız.

Veriler:

$$p_1 = 300 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ m}^3$$

$$m = 0,5 \text{ kg}$$

$$T = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Su Buharı

Çözüm:

$p = \text{sabit için;}$

$$Q_{12} = H_2 - H_1 = m (h_2 - h_1)$$

$$v_1 = \frac{V_1}{m} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

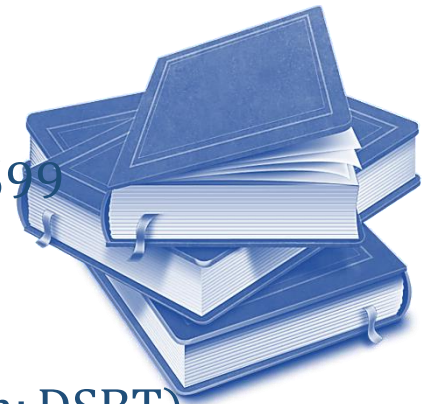
$p_1 = 300 \text{ kPa}$ için doymuş su buharı; $v_b = 0,6056 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ (Tablo)

$$v = (1 - x)v_s + x v_b$$

$$x_1 = \frac{v - v_s}{v_b - v_s} = \frac{0,4 - 0,0010735}{0,6056 - 0,0010735} = 0,6599$$

$$h_1 = h_s + x_1 (h_b - h_s)$$

$h_s = 561.43 \text{ kJ/kg}$ (Doymuş su buharı tablosundan; DSBT)



Su Buharı

$$h_b = 1724,6 \text{ kJ/kg (DSBT)}$$

$$h_1 = 561,43 + 0,6599 (2724,6 - 561,43) = 1988,9 \text{ kJ/kg}$$

300 kPa ve 200 °C kızgın buhar:

$$v_2 = 0,7164 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_2 = 2865,5 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{12} = m (h_2 - h_1) = 0,5 \text{ kg} (2865,5 - 1988,9) \rightarrow Q_{12} = 438,3 \text{ kJ}$$

$$W_{12} = m p (V_2 - V_1) = 0,5 \times 300 (0,7164 - 0,4) \rightarrow W_{12} = 47,47 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{12} = Q_{12} - W_{12} = 438,3 - 47,46 = 390,84 \text{ kJ}$$

