



T.C.

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KLİMA
DENEY FÖYÜ

1. DENEYİN AMACI

Klima sistemlerini sınıflandırarak, tipik bir klima tesisatında kullanılan elemanların incelenmesi, yaz ve kış klimasına etki eden parametrelerin deneysel ve teorik olarak gözlenmesidir.

2. DENEYİN ÖĞRENME ÇIKTILARI

- a. Bir klima sisteminin çalışma prensiplerinin kavraması,
- b. Bir deney sisteminin yüksek doğruluklu ve emniyetli olarak yürütülmesi,
- c. Deneysel verilerin amaç doğrultusunda analizinin yapılması ve raporlanması

3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

3.1.İklimlendirme İşlemi

En genel halde; insan, hayvan ve bitkilerin konforu için veya endüstriyel bir ürünün üretimi için gerekli ortam şartlarının otomatik olarak sağlanması işlemine iklimlendirme denir. Pratikte ise iklimlendirme: havanın ısıtılması, soğutulması, nemlendirilmesi veya neminin alınması, başka bir deyişle havanın şartlandırılması işlemine denir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi klimalar temel olarak konfor kliması ve sanayi kliması olmak üzere iki gruba ayrılır.

1. Sanayi Kliması
2. Konfor kliması
 - a. Yaz kliması
 - b. Kış kliması
 - c. Tam (yaz+kış) kliması

Endüstriyel (Sanayi) Klimaları: Endüstriyel tip iç iklim şartların tanımlanmasının başlıca amacı;

- a- Bazı üretim yöntemlerinin normal biçimde yürütülmesinin sağlanması
- b- Depolanan malzeme veya ürünlerin korunması için, endüstriyel yapılar içinde optimum şartların sağlanması

Bu tip uygulamalarda karşılaşılan en önemli problemlerden biri, üretim için gerekli iç şartlar ile personelin konforunun uyuşmamasıdır. Bu durumda bireylerin sağlık ve güvenliği hiçbir zaman göz ardı edilmeden, hem üretim hem de çalışanlar için en uygun şartların oluşturulması gerekmektedir. Başlıca sanayi uygulamaları, tekstil, tütün, şekerlik, ilaç, lastik, gıda, kimya, özel cephanelik, laboratuvarlar, madenler ve zirai yerlerdir.

Konfor Klimaları: Konfor iklimlerinde amaç, insan, hayvan ve bitkilerin konforunun sağlanmasıdır. Yapılan konfor klima uygulamalarının çoğu insanlar içindir. Konfor veya rahatlık duygusu, esas olarak kişiden kişiye değişen bir kavram olduğu için kesin bir tanımın yapılması güçtür. Başlıca uygulama alanları, ulaşım araçları, bankalar, tiyatrolar, oteller, mağazalar, hastaneler, terminaller, lokantalar ve bürolardır.

İnsan rahatlığı ve konforu temel olarak üç etkene bağlıdır. Bunlar kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem ve hava dolaşım hızıdır. İnsanların çoğu 22 ile 27°C sıcaklıkları arasında ve %40 ile %60 arasında bir bağıl nemde kendilerini rahat hissederler. Hava akımı için uygun bir hız değeri 15 m/dk (0,25 m/s)'dir. Vücut rahatlığını etkileyen diğer faktörler hava temizliği, koku, gürültü ve ışınım etkisidir. İyi bir klima sistemi, sayılan bütün bu şartları sağlamalıdır.

3.2. Havanın Temel Parametreleri

İklimlendirme, kurutma vb. proseslerde temel çalışma maddesi olarak kullanılan hava (çevremizdeki atmosfer) kuru hava ve su buharından oluşmaktadır. İklimlendirme uygulamalarında, su buharı da kuru hava gibi mükemmel gaz olarak kabul edilebilir.

Mükemmel gaz denklemi:

$$PV = mRT$$

Kısmi basınç: Bir gaz karışımını oluşturan her bir bileşenin kısmi basıncı; aynı hacim (V) ve sıcaklıkta (T) meydana getirdikleri basınca kısmi basınç denir. Dalton Kanunu'na göre bir mükemmel gaz karışımının basıncı, karışımı oluşturan gazların kısmi basınçları toplamına eşittir.

$$P = P_b + P_h$$

Burada P nemli havanın basıncı (kPa), P_h kuru havanın basıncı (kPa) ve P_b su buharının kısmi basıncıdır (kPa).

Özgül Nem (ω): Göz önüne alınan nemli hava içindeki su buharı kütlesinin kuru hava kütlesine oranına mutlak veya özgül nem denir.

$$\omega = \frac{m_b}{m_h} = \frac{P_b V / (R_b T)}{P_h V / (R_h T)} = \frac{P_b R_b}{P_h R_h} = 0,622 \frac{P_b}{P_h} = 0,622 \frac{P_b}{P - P_h} \left[\frac{kg\ sb}{kg\ kh} \right]$$

Bağıl Nem (φ): Havadaki su buharı miktarının, aynı sıcaklıkta havada bulunabilecek en çok su buharı miktarı oranına bağıl nem denir. Bağıl nem konforu önemli ölçüde etkiler. Çünkü insan vücudunun buharlaşma yoluyla ne kadar ısı atabileceği havanın bağıl nemi ile ilgilidir.

$$\varphi = \frac{m_{sb}}{m_{sb,doyma}} = \frac{P_b V / (R_b T)}{P_{d_r} V / (R_b T)} = \frac{P_b}{P_{doyma,T}}$$

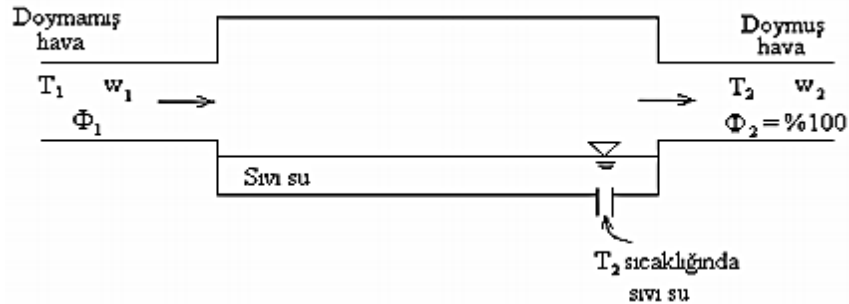
$\varphi = 0$ kuru hava

$0 < \varphi < 1$ nemli hava

$\varphi = 1$ doymuş hava

Çiğ Noktası Sıcaklığı ($T_{çiğ}$): Hava sabit basınçta soğutulduğu zaman yoğuşmanın başladığı sıcaklığa çiğ noktası sıcaklığı denir. Başka bir deyişle, çiğ noktası sıcaklığı suyun buhar basıncındaki doyma sıcaklığıdır.

Adyabatik Doyma (T_{ady}) ve Yaş Termometre Sıcaklıkları ($T_{yaş}$):



Şekil 1. Adyabatik doyma işlemi

Şekil 1’de gösterilen açık sistemde doymamış hava (T_1, ω_1, φ_1) suyun üzerinden geçer. Bu akış sırasında bir miktar su buharlaşarak havaya karışır, havanın nemi artar, sıcaklığı ise azalır (çünkü suyun gizli buharlaşma ısısının bir bölümü havadan sağlanmaktadır). Bu sebepten dolayı yaş termometre sıcaklığı kuru termometre sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta olmaktadır. Eğer kanal yeterince uzunsa hava kanaldan doymuş olarak ($\varphi_2 = \%100$) ve adyabatik doyma sıcaklığında (T_2) çıkar. Şekil 1’deki sistemde $Q = 0$, $W = 0$, PE (potansiyel enerji) ve KE (kinetik enerji) değişimleri ihmal edildiğinde, termodinamiğin I. yasası yani enerjinin korunumu denkleminde elde edilir.

$$\omega_1 = \frac{c_p(T_2 - T_1) + \omega_2 h_{sb,2}}{h_{b,1} - h_{su}}$$

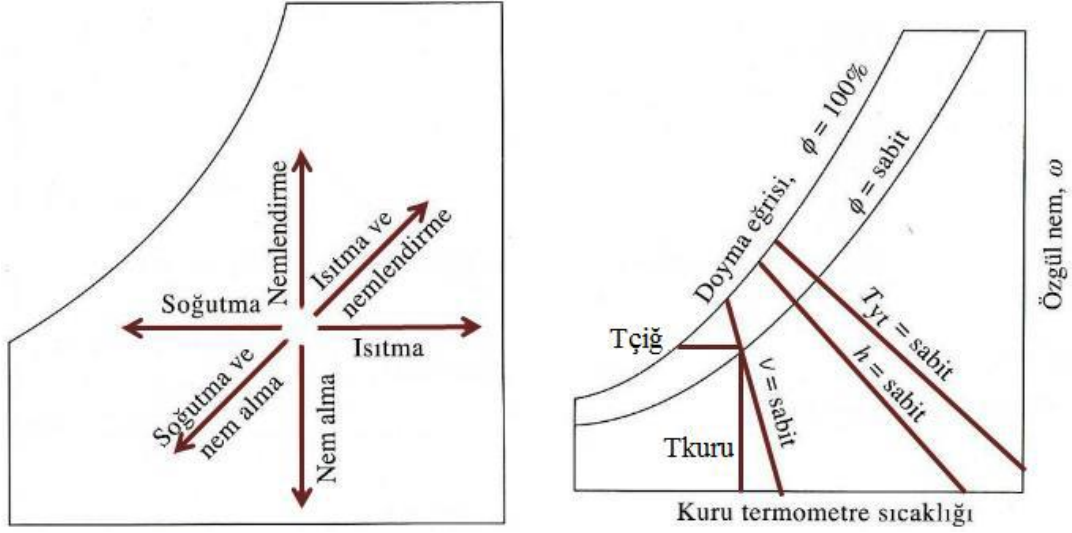
Ancak adyabatik doyma sıcaklığının yukarıda anlatılan biçimde bulunabilmesi pratik bir yöntem değildir. Uygulama açısından daha elverişli bir yöntem termometrenin ucuna ıslak pamuk bağlayarak sıcaklık ölçümüdür. Bu şekilde ölçülen sıcaklık yaş termometre sıcaklığı diye adlandırılır. Bu yöntemin de dayandığı temel ilke adyabatik doyma sıcaklığı ile aynıdır. Bu sebepten atmosferik basınçta adyabatik doyma sıcaklığı ile yaş termometre sıcaklığı birbirine eşit kabul edilebilir.

Kuru Termometre Sıcaklığı (T_k): Havanın içindeki nemin ve güneş radyasyonunun etkisi olmaksızın herhangi bir termometre, termo eleman veya bir sıcaklık ölçerle ölçmüş olduğumuz sıcaklığa kuru termometre sıcaklığı denir.

Duyulur Isı ve Gizli Isı: Duyulur ısı, havanın kuru termometre sıcaklığını yükseltmek üzere (özgül nemi sabit kalmak şartıyla) dış ortama verilen ısı miktarıdır. Gizli ısı, havanın özgül nemini değiştirmek üzere (aynı kuru termometre sıcaklığında) verilen veya alınan ısı miktarıdır. Klimalar ortamdan duyulur ısı çekerek, ortamın sıcaklığını azaltırken; ortamdan gizli ısı çekerek hava içindeki su buharını yoğunlaştırmaktadır ve böylece nem miktarını azaltarak ortamın konforlu olmasını sağlamaktadır.

3.3. Psikrometrik Diyagram

Yukarıda verilen formülleri sık sık kullanmak zorunda kalmak pratik değildir. Bu nedenle hesapları bir kez yapıp sonuçları kolay okunabilecek diyagramlar halinde ifade etmek daha kolay olur. Nemli havanın fiziksel özelliklerini grafik halinde veren bu diyagramlara psikrometrik diyagram adı verilir ve iklimlendirme uygulamalarında çok kullanılır. Genelde kullanılan diyagram 1 atm (101,325 kPa) basınçta SI birimlerinde (uluslararası sistem) hazırlanmış olanıdır. Diğer basınçlar için hazırlanmış psikrometrik diyagramlar da vardır.



Şekil 2. Psikrometrik diyagram

3.4. İklimlendirme Sistemleri

Değişik iklimlendirme işlemleri yukarıdaki psikrometrik diyagramda görebilirsiniz. Duyulur ısıtma ve duyulur soğutma işlemleri bu diyagramlarda yatay birer doğru olarak görülmektedir, çünkü bu işlemler sırasında havanın nemi değişmez. Hava kış aylarında ısıtılır ve nemlendirilir, yaz aylarında ısı soğutulur ve nemi alınır.

İklimlendirme işlemleri genellikle sürekli akışlı açık sistemlerde gerçekleşmektedir. Bu nedenle işlemlerde sürekli akışlı açık sistemler için kütlelerin (kuru hava ve su) ve enerjinin korunumu denklemleri uygulanmalıdır.

Kuru hava kütlesi;

$$\sum \dot{m}_{a,g} = \sum \dot{m}_{a,\zeta}$$

Su kütlesi;

$$\sum \dot{m}_{a,g} w_g + \dot{m}_{su,g} = \sum \dot{m}_{a,\zeta} w_{\zeta} + \dot{m}_{su,\zeta}$$

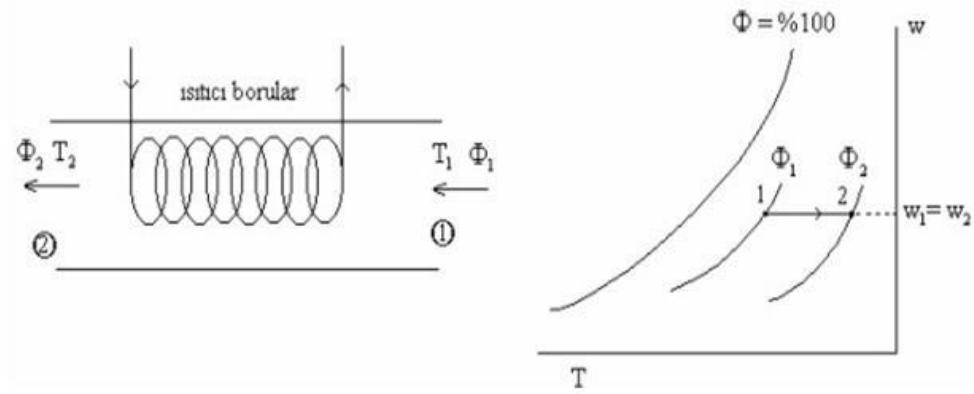
Enerji;

$$Q - W = \sum \dot{m}_{\zeta} h_{\zeta} - \sum \dot{m}_g h_g$$

Enerji denkleminde kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilmiştir.

3.4.1. Isıtma

Isıtma işlemi sırasında nemlendirme veya nem alma söz konusu olmadığından havanın özgül nemi sabit kalır. Ama bağıl nem azalır. Bunun nedeni havada bulunabilecek nem miktarının sıcaklık ile artmasıdır.



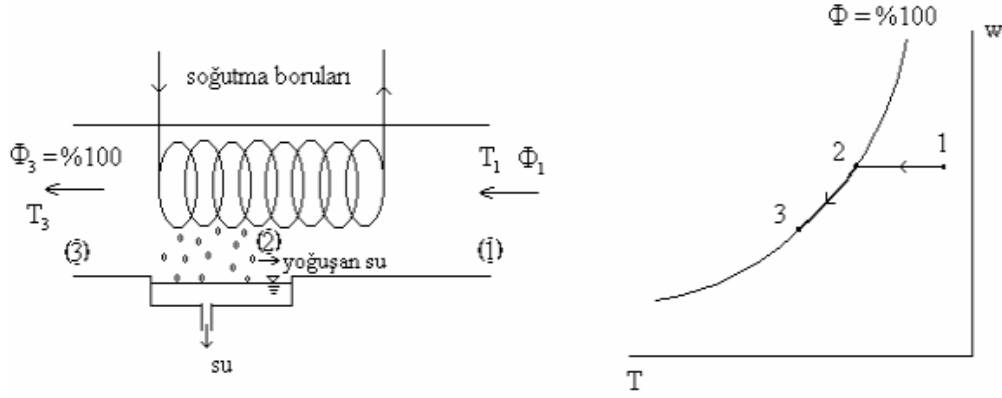
Şekil 3. Isıtma işlemi ve psikrometrik diyagramda gösterilişi

$$Q = \dot{m}_a(h_2 - h_1)$$

h_2 ve h_1 havanın giriş ve çıkışındaki birim kuru hava kütlesi için verilen entalpilerdir.

3.4.2. Soğutma

Soğutma serpantinlerinin üzerinden geçen havanın özgül nemi sabit kalırken bağıl nemi artar (Şekil 4). Eğer soğutmaya devam edilirse, hava çiğ noktası sıcaklığına ulaşır (2 noktası) ve havanın daha fazla soğutulması bir miktar su buharının yoğuşmasına neden olur. Yoğuşma devam ederken havanın hali, doymuş hava eğrisi ($\phi = \%100$) üzerinde ilerleyerek son hale (3 noktasına) ulaşır.



Şekil 4. Soğutma işlemi ve psikrometrik diyagramda gösterilişi

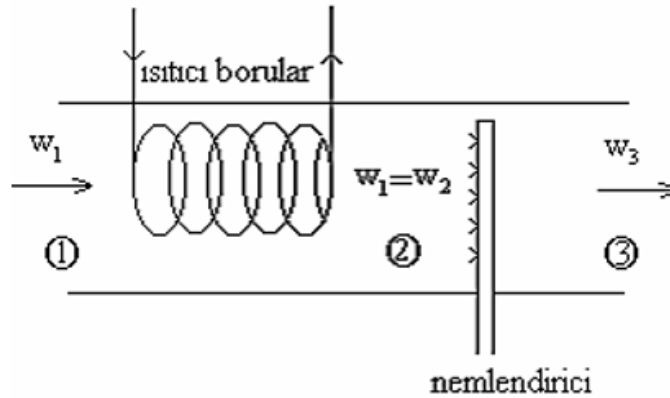
Denklem 1 soğutma işlemi için yazıldığında;

$$Q = m_h(h_c - h_g) + m_{su}h_{su}$$

$$\dot{m}_{su} = \dot{m}_a(w_1 - w_3)$$

3.4.3. Nemlendirme

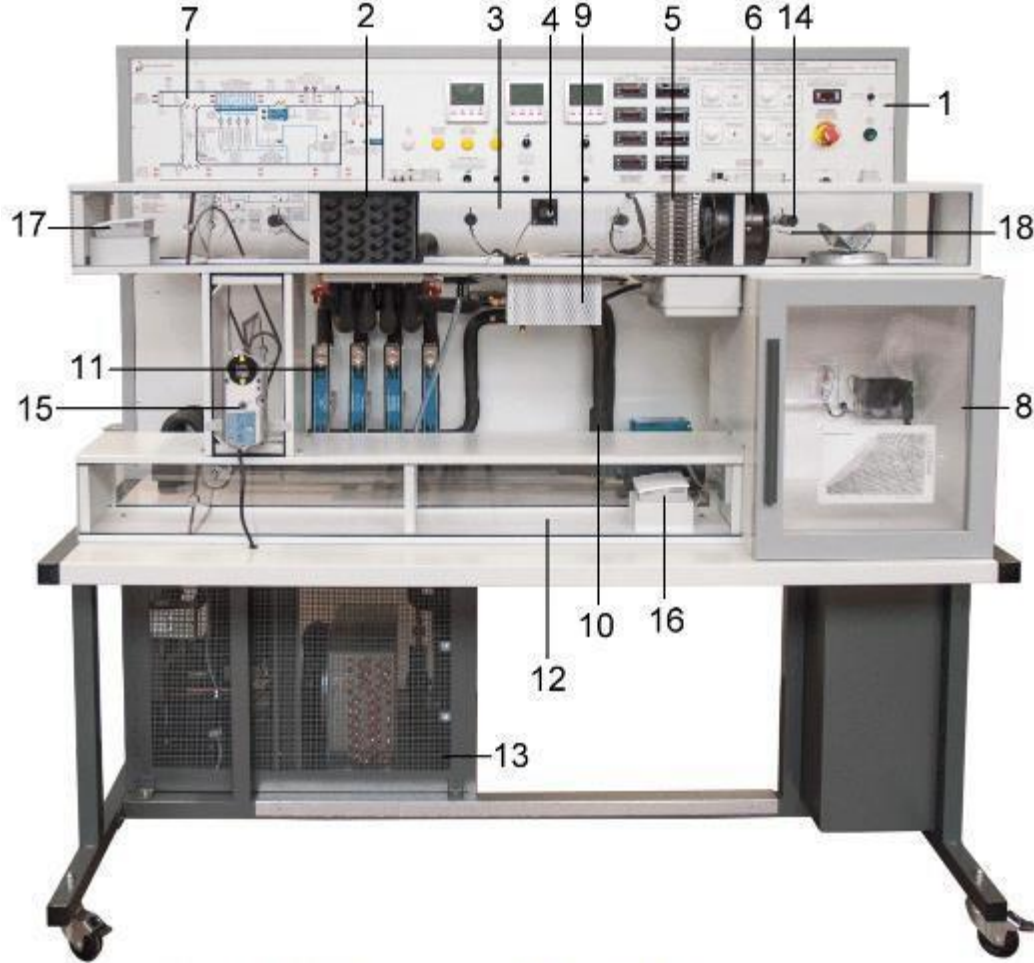
Isıtmada bağıl nemin azalmasından dolayı ortaya çıkan sorunlar, ısıtılan havayı nemlendirerek yok edilebilir. Şekil 5'te görülen 3 hali nemlendirmenin nasıl yapıldığına bağlıdır. Eğer nemlendirme buhar püskürtülerek yapılıyorsa nemlendirmenin yanında ısıtma da yapılıyor demektir. ($T_3 > T_2$). Eğer nemlendirme su püskürtülerek yapılıyorsa su, buharlaşma gizli ısınısını havadan alacak ve hava soğuyacaktır ($T_3 < T_2$).



Şekil 5. Nemlendirme işlemi

4. DENEYİN YAPILIŞI

Deneyde, Şekil.3'de gösterilen ElettronicaVeneta marka TRIC/EV modeli soğutma deney düzeneği kullanılacaktır. Deney düzeneğine ait cihaz ve aparat listesi Tablo.1'deki gibidir.



- | | |
|----------------------|---|
| 1. Control panel | 10. Water circuit |
| 2. Cooling coil | 11. Water flowmeters |
| 3. Intake air duct | 12. Return air duct |
| 4. Speed sensor | 13. Refrigerating plant |
| 5. Heating battery | 14. Humidity sensor |
| 6. Fan | 15. Air damper command |
| 7. Schematic diagram | 16. Return air temperature/humidity sensor |
| 8. Test room | 17. Outside air temperature/humidity sensor |
| 9. Humidifier | 18. Temperature sensor |

Şekil 6. ElettronicaVeneta GCTC/EV iklimlendirme deneyi düzeneği

Deney tesisatının temel elemanları ve ölçme sistemleri incelendikten sonra, sistem yaz kliması konumunda (soğutma için) çalıştırılır. Evaporatör üzerinden akan kondenser suyu oluşumuna

kadar sistemin rejime girmesi beklenir. Kondenser suyunun aktığı görüldükten sonra ölçüm değerleri kaydedilir.

Daha sonra tesisat kış kliması konumu için hazırlanır. Öncelikle buharlı nemlendirici çalıştırılmadan ön ve son ısıtıcı çalıştırılarak deneysel veriler alınır. Daha sonra buharlı nemlendirici çalıştırılır ve sistem rejime girdikten sonra ölçüm değerleri not edilir.

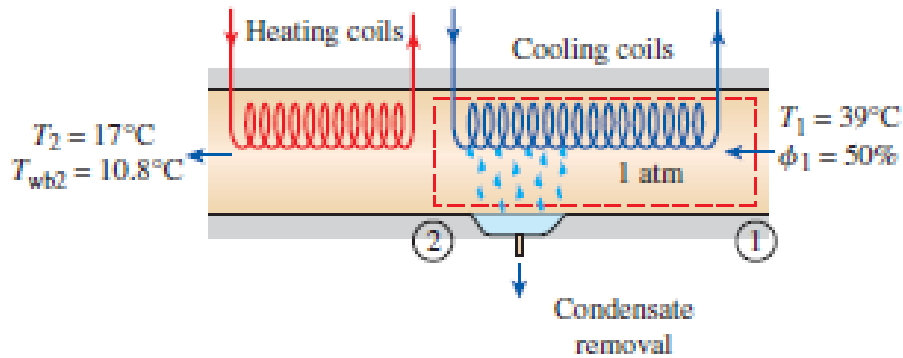
5. RAPOR İÇİN İSTENENLER

Tablo 1. Termodinamik Değerler

	Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Yaş Termometre Sıcaklığı (°C)	Adyabatik Doyma Sıcaklığı (°C)	Özgül Nem (kgsb/kgkh)	Bağıl Nem (%)	Entalpi (kJ/kgkh)	Özgül Hacim (m ³ /kgkh)
1	10				30		
2	20				100		
3		25					0,88
4				0,012	50		
5				0,018			0,9
6							
7							

Aşağıdaki şekilde gösterilen nemli hava 1 atm sabit basınçta 39 °C kuru termometre sıcaklığı ve %50 bağıl nem durumundan şartlandırılarak 17 °C kuru termometre ve 10,8 °C yaş termometre sıcaklığı durumuna getirilmiştir. Hava önce soğutularak içerisindeki fazla nem uzaklaştırılmış ve ardından istenilen sıcaklığa getirmek için ısıtılma işlemi yapılmıştır.

- Bu prosesi ekteki psikrometrik diyagram üzerinde gösteriniz.
- Tablo 1’de 6. ve 7. Satırlar boş bırakılmıştır. Giriş ve çıkış durumundaki havanın özelliklerini Tablo 1’e 6. ve 7. Satıra ekleyiniz.



6. KAYNAKLAR

[1] Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). Thermodynamics: An Engineering Approach Seventh Edition.

[2] Thermotronics Description of the Equipment Operational Handbook, Volume 1

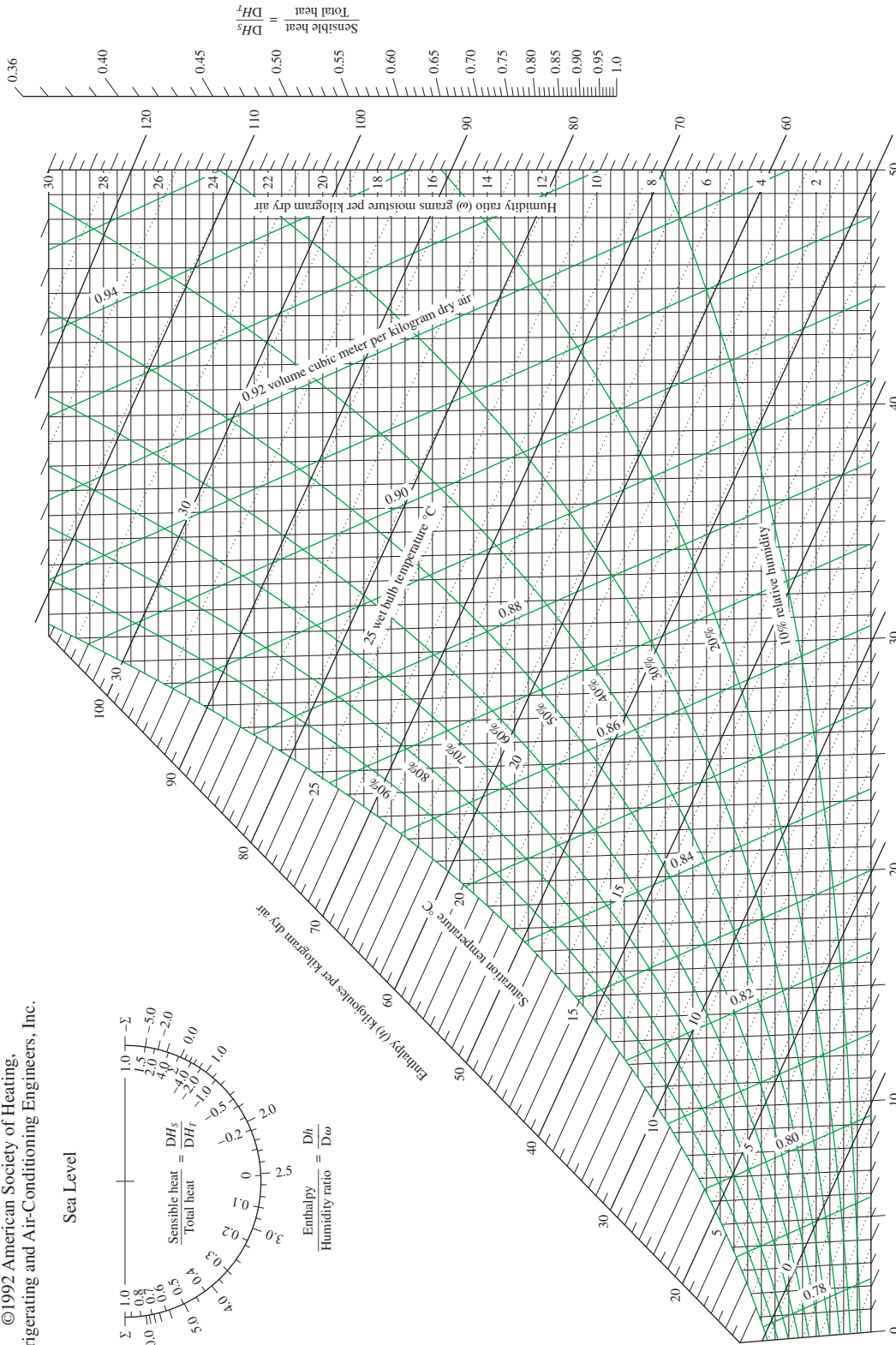
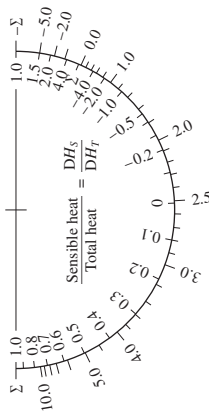
[3] Thermotronics Description of the Equipment Operational Handbook, Volume 2



ASHRAE Psychrometric Chart No. 1
 Normal Temperature
 Barometric Pressure: 101.325 kPa

© 1992 American Society of Heating,
 Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Sea Level



Prepared by Center for Applied Thermodynamic Studies, University of Idaho.

FIGURE A-31

Psychrometric chart at 1 atm total pressure.

Reprinted by permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA; used with permission.