

# ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2018

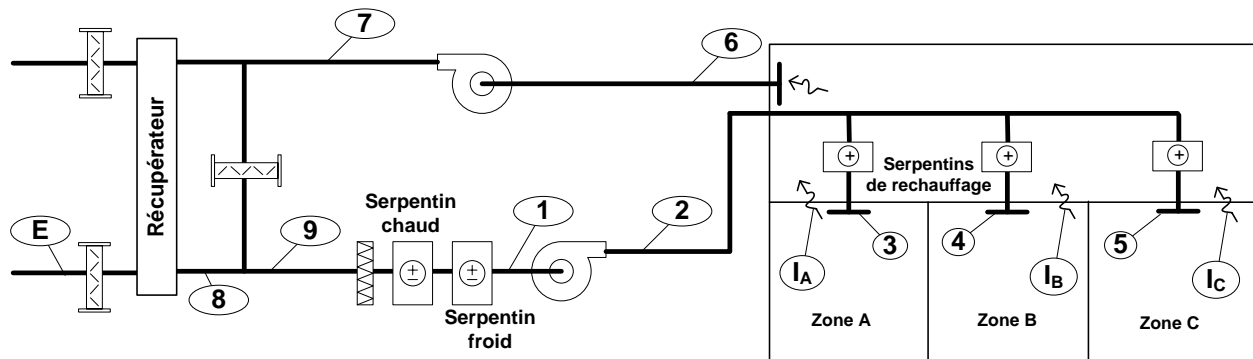
Toute documentation permise  
Calculatrices : modèles autorisés seulement  
Durée de l'examen : 3 heures

## 16-MC-B1 Contrôle environnemental des bâtiments

### Problème n° 1 (25 points)

La figure ci-jointe illustre un système de climatisation à débit constant avec les serpentins de réchauffage dans les zones. Le système comporte aussi un récupérateur de chaleur tel que mentionné sur le schéma. Les données de design pour le pic du bâtiment sont présentées dans le tableau ci-dessous.

| Zones             | A                     |         | B                     |         | C                     |         |
|-------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|
| Débit             | 2.5 m <sup>3</sup> /s |         | 1.7 m <sup>3</sup> /s |         | 1.5 m <sup>3</sup> /s |         |
| Charges (kW)      | sensible              | latente | sensible              | latente | sensible              | latente |
|                   | 34.5                  | 4.4     | 20.4                  | 7.32    | 14.4                  | 0.0     |
| Température       | 24 °C                 |         |                       |         |                       |         |
| Humidité relative | 40 à 60 %             |         |                       |         |                       |         |



Gains de chaleur dans le faux-plafond

13.68 kW

Réchauffement de l'air dans le ventilateur de retour

$\Delta t = 1\text{ °C}$

Réchauffement de l'air dans le ventilateur d'alimentation

$\Delta t = 1\text{ °C}$

L'air frais (extérieur) température sèche

$t = 35\text{ °C}$

humidité relative

$\phi = 50\%$

Efficacité du récupérateur

$\varepsilon = 0.7$

Débit de l'air frais

20% du débit de ventilateur

L'état de l'air à la sortie du serpentin froid (**point 1 sur le schéma**) est le suivant :

Température sèche

11.5 °C

Humidité absolue

$w = 8.0 \text{ g/kg d'air sec}$

Représentez, pour le pic du bâtiment, sur le diagramme psychrométrique ci-joint, les états clés de l'air (les points 1 à 9,  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  et  $E$  sur le schéma) (6 points) et présentez dans un tableau la température et l'humidité absolue (2 points) de chaque état de l'air.

Déterminez:

- a) le débit du ventilateur (3 points);
- b) la puissance frigorifique du serpentin de refroidissement (4 points);
- c) les puissances des serpentins de réchauffage dans les zones A, B, et C (4 points);

Déterminez aussi:

- d) la puissance frigorifique du serpentin de refroidissement sans le récupérateur (6 points).

Pour les calculs on admet les conditions de l'air standard c'est-à-dire :  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

$c_p = 1.0 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$  et l'enthalpie de vaporisation  $i_{fg} = 2500 \text{ kJ/kg}$

## Problème n° 2 (15 points)

Dans un bâtiment de cinq (5) zones (quatre zones externes E, N, O, S et une zone interne I), les gains de chaleur sont les suivantes :

### les pics des zones

| Gains (kW)                      |          | Zone E  | Zone N    | Zone O      | Zone S  | Zone I     |
|---------------------------------|----------|---------|-----------|-------------|---------|------------|
| occupants                       | sensible | 5.0     | 6.0       | 8.0         | 6.0     | 15         |
|                                 | latents  | 2.5     | 3.0       | 4.0         | 3.0     | 7.5        |
| éclairage totale <sup>(1)</sup> |          | 4.0     | 5.0       | 7.0         | 5.0     | 15.0       |
| équipements                     |          | 2.0     | 3.0       | 1.5         | 1.4     | 5.0        |
| extérieurs                      | sensible | 10      | 7.0       | 15.0        | 18.0    | 0          |
|                                 | latents  | 4.0     | 1.5       | 5.0         | 6.0     | 0          |
|                                 |          | 16 juin | 9 juillet | 6 septembre | 23 juin | 14 juillet |

### le pic du bâtiment (21 juin)

| Gains (kW)                      |          | Zone E | Zone N | Zone O | Zone S | Zone I |
|---------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| occupants                       | sensible | 4.5    | 6.0    | 7.0    | 6.0    | 13     |
|                                 | latents  | 2.0    | 3.0    | 3.0    | 3.0    | 6.0    |
| éclairage totale <sup>(1)</sup> |          | 4.0    | 5.0    | 7.0    | 5.0    | 10.0   |
| équipements                     |          | 2.0    | 3.0    | 1.5    | 1.4    | 5.0    |
| extérieurs                      | sensible | 9.5    | 7.0    | 6.0    | 15.5   | 0      |
|                                 | latents  | 3.5    | 1.4    | 3.0    | 4.0    | 0      |

Note (1)

Fractions de ces gains qui contribuent à la charge du local et au réchauffement dans le faux plafond sont estimées respectivement à 30% et 70%

Répondez aux questions pour deux cas ci-dessous :

- 1 Le bâtiment est desservi par un **système VAV** avec le chauffage périphérique dans les zones E, N, O et S. La température dans chaque zone est de  $24^{\circ}\text{C}$  et la température de soufflage est  $12^{\circ}\text{C}$ . Déterminez :
  - a) les débits maximums d'air soufflé dans chaque zone qui servent à dimensionner les gaines de ces zones (5 points);
  - b) le débit maximal du ventilateur (3 points).
- 2 Le bâtiment est desservi par un **système multizones à débit constant avec le réchauffage dans les zones**. La température dans chaque zone est de  $24^{\circ}\text{C}$ . La température de soufflage, pour les conditions de design est de  $12^{\circ}\text{C}$ . Déterminez :
  - c) les débits d'air soufflé dans chaque zone (4 points);
  - d) le débit du ventilateur (3 points).

### Problème n° 3 (20 points)

Pour les conditions d'hiver, les données sur un système de climatisation à débit constant avec les serpentins de réchauffage sont les suivantes :

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Température des zones               | 22 °C                                     |
| Humidité relative des zones         | 30%                                       |
| Charge sensible de chauffage        | 108 kW                                    |
| Température de soufflage            | 40 °C                                     |
| Gains latents                       | 15 kW                                     |
| Température de l'air extérieur      | -25 °C                                    |
| Débit d'air extérieur               | 40% du débit d'air de ventilateur         |
| Humidité absolue de l'air extérieur | 0.0005 kg/kg d'air sec (5g/ kg d'air sec) |

Présentez le processus sur le diagramme psychrométrique (4 points) et déterminez :

- a) le débit d'air de ventilateur (2 points)

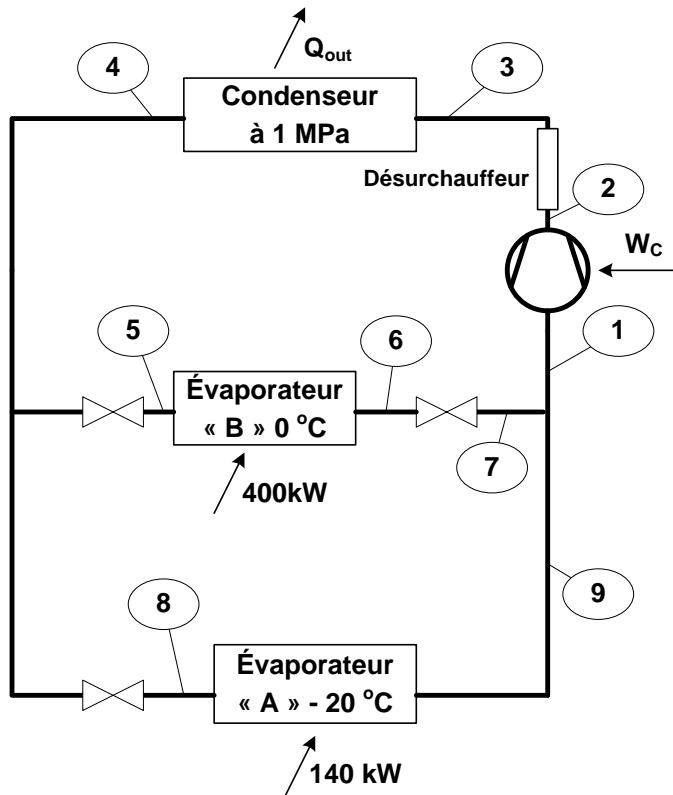
On considère deux scénarios de l'humidification suivants :

- A** application de l'humidificateur par injection directe de vapeur (l'enthalpie de vapeur est de 2675 kJ/kg)
- B** application de l'humidificateur par injection d'eau atomisée (l'enthalpie de l'eau est de 80 kJ/kg)

Déterminez pour chaque scénario :

- b) la température jusqu'à laquelle l'air doit être chauffé avant d'entrer à l'humidificateur (7 points);
- c) le débit de vapeur injectée ( $\text{kg}_{\text{vapeur}}/\text{h}$ ) et de l'eau injectée ( $\text{kg}_{\text{eau}}/\text{h}$ ) (7 points).

#### Problème n° 4 (25 points)



Le schéma présente un système frigorifique à compression de vapeur comportant deux évaporateurs et fonctionnant avec R-134a comme le réfrigérant. Le design du système permet de réaliser la réfrigération à deux niveaux de températures ( $-20^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}\text{C}$ ) avec un seul compresseur et un seul condenseur.

La capacité frigorifique de l'évaporateur « A » est de  $140\text{ kW}$ . Il fonctionne à  $-20^{\circ}\text{C}$ , la vapeur à la sortie étant à l'état saturé.

La capacité frigorifique de l'évaporateur « B » est de  $400\text{ kW}$ . Il fonctionne à  $0^{\circ}\text{C}$ , la vapeur à la sortie étant à l'état saturé.

Le rendement isentropique du compresseur est de  $80\%$  et la compression est jusqu'à la pression de condensation de  $1\text{ MPa}$ .

On admet que les chutes de pression dans les évaporateurs et dans le condenseur sont négligeables. On admet aussi que le réfrigérant à la sortie du condenseur est à la pression de  $1\text{ MPa}$  et de température de  $30^{\circ}\text{C}$ .

Présentez le cycle frigorifique sur le diagramme  $p-h$  ci-joint (5 points) et déterminez :

1. les débits massiques du réfrigérant dans chaque évaporateur et dans le compresseur ( $\dot{m}_1$ ,  $\dot{m}_5$ ,  $\dot{m}_8$ ) en  $\text{kg/s}$  (4 points) ;
2. la puissance du compresseur ( $W_c$ ) en  $\text{kW}$  (3 points);
3. la quantité de chaleur qui peut être récupérée par un désurchauffeur présenté sur le schéma ( $Q_{\text{desur}}$ ) en  $\text{kW}$  (4 points);
4. le coefficient de performance COP (4 points);
5. les débits massiques du réfrigérant dans chaque évaporateur ( $\dot{m}_5$ ,  $\dot{m}_8$ ) si le réfrigérant à la sortie du condenseur était à la pression de  $1\text{ MPa}$  et à l'état du liquide saturé (5 points).

#### Problème n° 5 (15 points)

Le schéma d'un système utilisant deux refroidisseurs de même grandeur (capacité frigorifique), est présenté sur la figure ci-jointe. On admet que dans les conditions de design (à pleine capacité) le système doit fournir  $1200\text{ gpm}$  de l'eau à  $42^{\circ}\text{F}$  et que les circuits tertiaires utilisent l'eau à la même température. L'eau à la sortie des circuits tertiaires (point T) est à la température

de 60 °F. À certain moment, lorsque la machine fonctionne à la charge partielle, il n'y a que 750 gpm de l'eau qui est fournie aux circuits tertiaires. Déterminez pour ces conditions :

- Le débit d'eau dans le tube commun « A » (3 points);
- La température de l'eau au point « B » (3 points);
- Le rapport « charge / capacité » pour le refroidisseur « 2 » (3 points);
- La vitesse approximative de la pompe secondaire à la charge partielle si la vitesse de la pompe dans les conditions de design est de 3500 tour/min (rpm) (3 points);
- La diminution de la puissance de pompe à la charge partielle (3 points).

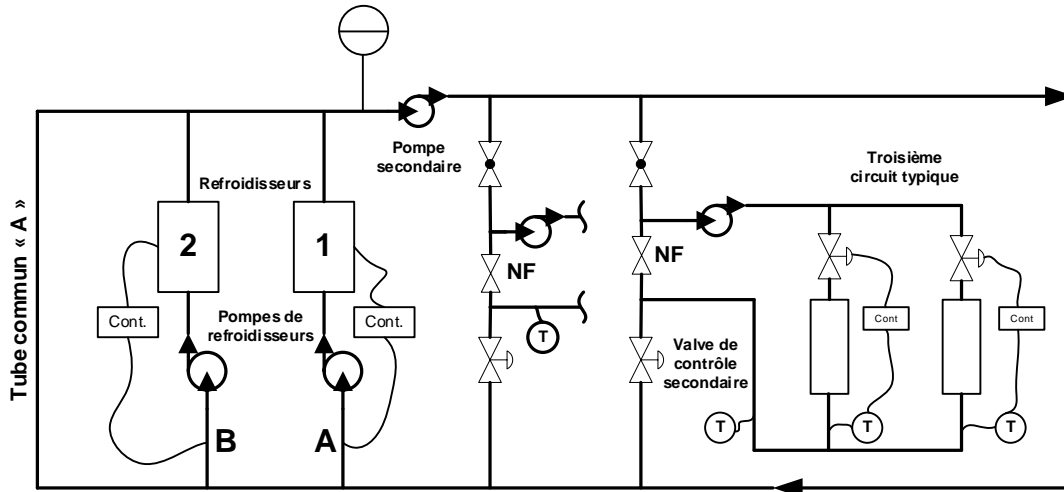


Chart 1b ASHRAE Psychrometric Chart No. 1 (SI) (Reprinted by permission of ASHRAE.)

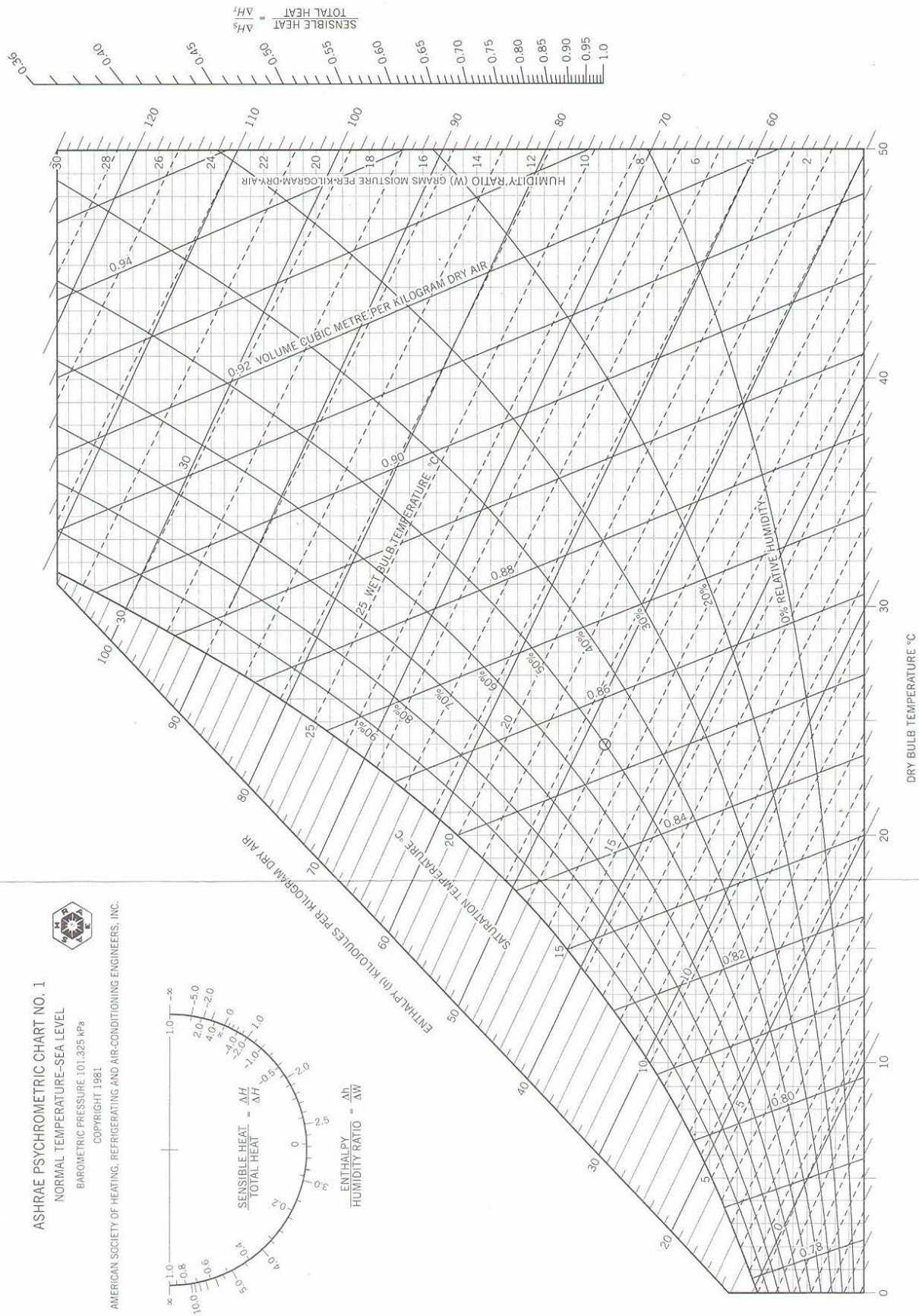
ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO. 1

NORMAL TEMPERATURE-SEA LEVEL

BAROMETRIC PRESSURE 101.325 kPa

COPYRIGHT 1981

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.





**Chart 1b** ASHRAE Psychrometric Chart No. 1 (SD) (Reprinted by permission of ASHRAE.)

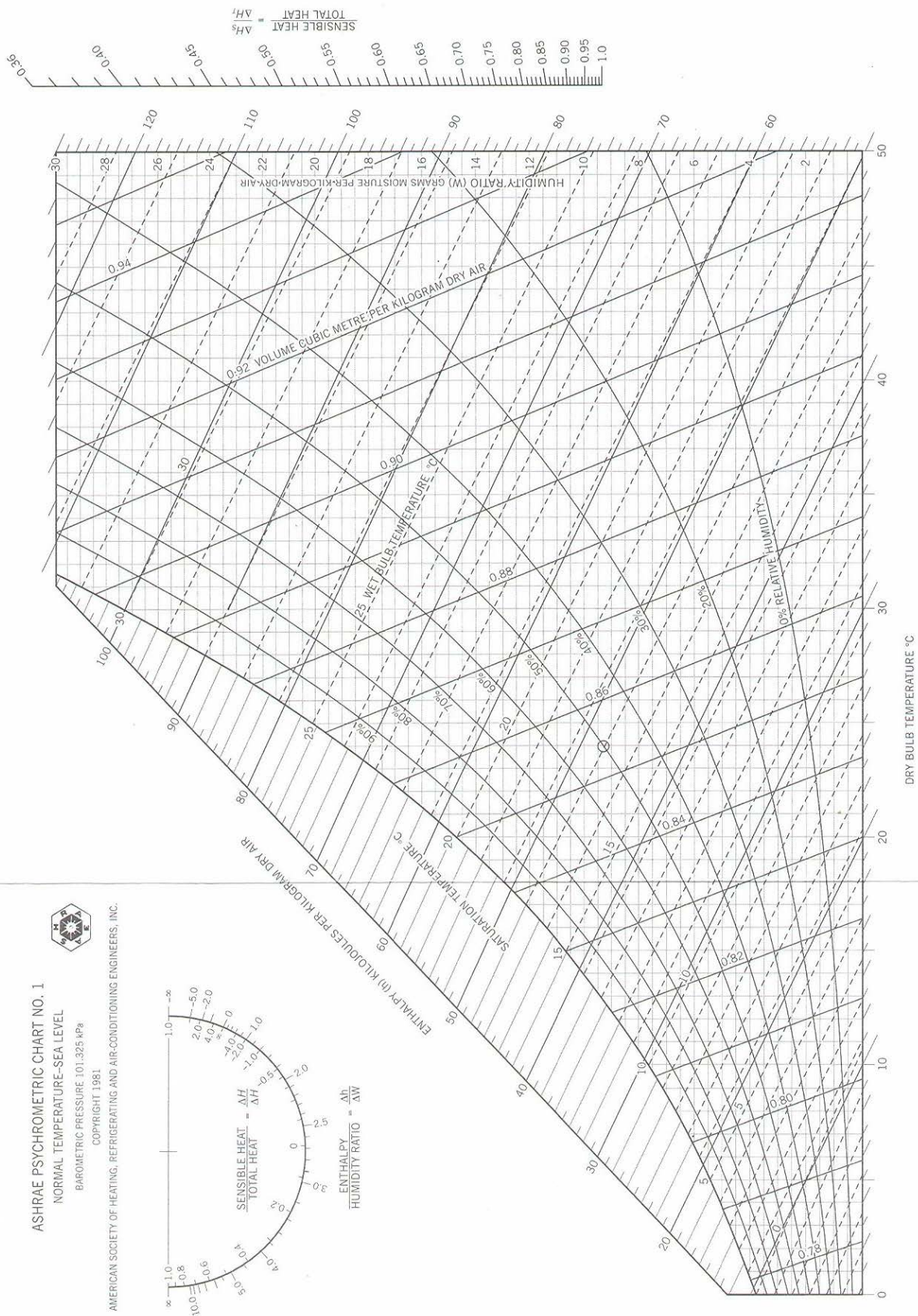
**ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO. 1**

NORMAL TEMPERATURE-SEA LEVEL

BAROMETRIC PRESSURE 101.325 kPa

COPYRIGHT 1981

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.







Refrigerant 134a (1,1,1,2-Tetrafluoroethane) Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapor

| Temp.,*<br>°C | Pres-<br>sure,<br>MPa | Density,<br>kg/m <sup>3</sup> | Volume,<br>m <sup>3</sup> /kg | Enthalpy,<br>kJ/kg |        | Entropy,<br>kJ/(kg·K) |        | Specific Heat<br>c <sub>p</sub> , kJ/(kg·K) |       | c <sub>p</sub> /c <sub>v</sub> | Velocity of<br>Sound, m/s |       | Viscosity,<br>μPa·s |       | Thermal Cond.,<br>kW/(m·K) |       | Surface<br>Tension,<br>mN/m | Temp.,<br>°C |
|---------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------|-----------------------|--------|---|-------|--------------------------------|---------------------------|-------|---------------------|-------|----------------------------|-------|-----------------------------|--------------|
|               |                       |                               |                               | Liquid             | Vapor  | Liquid                | Vapor  | Liquid                                      | Vapor |                                | Liquid                    | Vapor | Liquid              | Vapor | Liquid                     | Vapor |                             |              |
| -103.30a      | 0.00039               | 1591.1                        | 35.496                        | 71.46              | 334.94 | 0.4126                | 1.9639 | 1.184                                       | 0.585 | 1.164                          | 1120.                     | 126.8 | 2175.               | 6.46  | 145.2                      | 3.08  | 28.07                       | -103.30      |
| -100.00       | 0.00056               | 1582.4                        | 25.193                        | 75.36              | 336.85 | 0.4354                | 1.9456 | 1.184                                       | 0.593 | 1.162                          | 1103.                     | 127.9 | 1893.               | 6.60  | 143.2                      | 3.34  | 27.50                       | -100.00      |
| -90.00        | 0.00152               | 1555.8                        | 9.7698                        | 87.23              | 342.76 | 0.5020                | 1.8972 | 1.189                                       | 0.617 | 1.156                          | 1052.                     | 131.0 | 1339.               | 7.03  | 137.3                      | 4.15  | 25.79                       | -90.00       |
| -80.00        | 0.00367               | 1529.0                        | 4.2682                        | 99.16              | 348.83 | 0.5654                | 1.8580 | 1.198                                       | 0.642 | 1.151                          | 1002.                     | 134.0 | 1018.               | 7.46  | 131.5                      | 4.95  | 24.10                       | -80.00       |
| -70.00        | 0.00798               | 1501.9                        | 2.0590                        | 111.20             | 355.02 | 0.6262                | 1.8264 | 1.210                                       | 0.667 | 1.148                          | 952.                      | 136.8 | 809.2               | 7.89  | 126.0                      | 5.75  | 22.44                       | -70.00       |
| -60.00        | 0.01591               | 1474.3                        | 1.0790                        | 123.36             | 361.31 | 0.6846                | 1.8010 | 1.223                                       | 0.692 | 1.146                          | 903.                      | 139.4 | 663.1               | 8.30  | 120.7                      | 6.56  | 20.80                       | -60.00       |
| -50.00        | 0.02945               | 1446.3                        | 0.60620                       | 135.67             | 367.65 | 0.7410                | 1.7806 | 1.238                                       | 0.720 | 1.146                          | 855.                      | 141.7 | 555.1               | 8.72  | 115.6                      | 7.36  | 19.18                       | -50.00       |
| -40.00        | 0.05121               | 1417.7                        | 0.36108                       | 148.14             | 374.00 | 0.7956                | 1.7643 | 1.255                                       | 0.749 | 1.148                          | 807.                      | 143.6 | 472.2               | 9.12  | 110.6                      | 8.17  | 17.60                       | -40.00       |
| -30.00        | 0.08438               | 1388.4                        | 0.22594                       | 160.79             | 380.32 | 0.8486                | 1.7515 | 1.273                                       | 0.781 | 1.152                          | 760.                      | 145.2 | 406.4               | 9.52  | 105.8                      | 8.99  | 16.04                       | -30.00       |
| -28.00        | 0.09270               | 1382.4                        | 0.20680                       | 163.34             | 381.57 | 0.8591                | 1.7492 | 1.277                                       | 0.788 | 1.153                          | 751.                      | 145.4 | 394.9               | 9.60  | 104.8                      | 9.15  | 15.73                       | -28.00       |
| -26.07b       | 0.10133               | 1376.7                        | 0.19018                       | 165.81             | 382.78 | 0.8690                | 1.7472 | 1.281                                       | 0.794 | 1.154                          | 742.                      | 145.7 | 384.2               | 9.68  | 103.9                      | 9.31  | 15.44                       | -26.07       |
| -26.00        | 0.10167               | 1376.5                        | 0.18958                       | 165.90             | 382.82 | 0.8694                | 1.7471 | 1.281                                       | 0.794 | 1.154                          | 742.                      | 145.7 | 383.8               | 9.68  | 103.9                      | 9.32  | 15.43                       | -26.00       |
| -24.00        | 0.11130               | 1370.4                        | 0.17407                       | 168.47             | 384.07 | 0.8798                | 1.7451 | 1.285                                       | 0.801 | 1.155                          | 732.                      | 145.9 | 373.1               | 9.77  | 102.9                      | 9.48  | 15.12                       | -24.00       |
| -22.00        | 0.12165               | 1364.4                        | 0.16006                       | 171.05             | 385.32 | 0.8900                | 1.7432 | 1.289                                       | 0.809 | 1.156                          | 723.                      | 146.1 | 362.9               | 9.85  | 102.0                      | 9.65  | 14.82                       | -22.00       |
| -20.00        | 0.13273               | 1358.3                        | 0.14739                       | 173.64             | 386.55 | 0.9002                | 1.7413 | 1.293                                       | 0.816 | 1.158                          | 714.                      | 146.3 | 353.0               | 9.92  | 101.1                      | 9.82  | 14.51                       | -20.00       |
| -18.00        | 0.14460               | 1352.1                        | 0.13592                       | 176.23             | 387.79 | 0.9104                | 1.7396 | 1.297                                       | 0.823 | 1.159                          | 705.                      | 146.4 | 343.5               | 10.01 | 100.1                      | 9.98  | 14.21                       | -18.00       |
| -16.00        | 0.15728               | 1345.9                        | 0.12551                       | 178.83             | 389.02 | 0.9205                | 1.7379 | 1.302                                       | 0.831 | 1.161                          | 695.                      | 146.6 | 334.3               | 10.09 | 99.2                       | 10.15 | 13.91                       | -16.00       |
| -14.00        | 0.17082               | 1339.7                        | 0.11605                       | 181.44             | 390.24 | 0.9306                | 1.7363 | 1.306                                       | 0.838 | 1.163                          | 686.                      | 146.7 | 325.4               | 10.17 | 98.3                       | 10.32 | 13.61                       | -14.00       |
| -12.00        | 0.18524               | 1333.4                        | 0.10744                       | 184.07             | 391.46 | 0.9407                | 1.7348 | 1.311                                       | 0.846 | 1.165                          | 677.                      | 146.8 | 316.9               | 10.25 | 97.4                       | 10.49 | 13.32                       | -12.00       |
| -10.00        | 0.20060               | 1327.1                        | 0.09959                       | 186.70             | 392.66 | 0.9506                | 1.7334 | 1.316                                       | 0.854 | 1.167                          | 668.                      | 146.9 | 308.6               | 10.33 | 96.5                       | 10.66 | 13.02                       | -10.00       |
| -8.00         | 0.21693               | 1320.8                        | 0.09242                       | 189.34             | 393.87 | 0.9606                | 1.7320 | 1.320                                       | 0.863 | 1.169                          | 658.                      | 146.9 | 300.6               | 10.41 | 95.6                       | 10.83 | 12.72                       | -8.00        |
| -6.00         | 0.23428               | 1314.3                        | 0.08587                       | 191.99             | 395.06 | 0.9705                | 1.7307 | 1.325                                       | 0.871 | 1.171                          | 649.                      | 147.0 | 292.9               | 10.49 | 94.7                       | 11.00 | 12.43                       | -6.00        |
| -4.00         | 0.25268               | 1307.9                        | 0.07987                       | 194.65             | 396.25 | 0.9804                | 1.7294 | 1.330                                       | 0.880 | 1.174                          | 640.                      | 147.0 | 285.4               | 10.57 | 93.8                       | 11.17 | 12.14                       | -4.00        |
| -2.00         | 0.27217               | 1301.4                        | 0.07436                       | 197.32             | 397.43 | 0.9902                | 1.7282 | 1.336                                       | 0.888 | 1.176                          | 631.                      | 147.0 | 278.1               | 10.65 | 92.9                       | 11.34 | 11.85                       | -2.00        |
| 0.00          | 0.29280               | 1294.8                        | 0.06931                       | 200.00             | 398.60 | 1.0000                | 1.7271 | 1.341                                       | 0.897 | 1.179                          | 622.                      | 146.9 | 271.1               | 10.73 | 92.0                       | 11.51 | 11.56                       | 0.00         |
| 2.00          | 0.31462               | 1288.1                        | 0.06466                       | 202.69             | 399.77 | 1.0098                | 1.7260 | 1.347                                       | 0.906 | 1.182                          | 612.                      | 146.9 | 264.3               | 10.81 | 91.1                       | 11.69 | 11.27                       | 2.00         |
| 4.00          | 0.33766               | 1281.4                        | 0.06039                       | 205.40             | 400.92 | 1.0195                | 1.7250 | 1.352                                       | 0.916 | 1.185                          | 603.                      | 146.8 | 257.6               | 10.90 | 90.2                       | 11.86 | 10.99                       | 4.00         |
| 6.00          | 0.36198               | 1274.7                        | 0.05644                       | 208.11             | 402.06 | 1.0292                | 1.7240 | 1.358                                       | 0.925 | 1.189                          | 594.                      | 146.7 | 251.2               | 10.98 | 89.4                       | 12.04 | 10.70                       | 6.00         |
| 8.00          | 0.38761               | 1267.9                        | 0.05280                       | 210.84             | 403.20 | 1.0388                | 1.7230 | 1.364                                       | 0.935 | 1.192                          | 585.                      | 146.5 | 244.9               | 11.06 | 88.5                       | 12.22 | 10.42                       | 8.00         |
| 10.00         | 0.41461               | 1261.0                        | 0.04944                       | 213.58             | 404.32 | 1.0485                | 1.7221 | 1.370                                       | 0.945 | 1.196                          | 576.                      | 146.4 | 238.8               | 11.15 | 87.6                       | 12.40 | 10.14                       | 10.00        |
| 12.00         | 0.44301               | 1254.0                        | 0.04633                       | 216.33             | 405.43 | 1.0581                | 1.7212 | 1.377                                       | 0.956 | 1.200                          | 566.                      | 146.2 | 232.9               | 11.23 | 86.7                       | 12.58 | 9.86                        | 12.00        |
| 14.00         | 0.47288               | 1246.9                        | 0.04345                       | 219.09             | 406.53 | 1.0677                | 1.7204 | 1.383                                       | 0.967 | 1.204                          | 557.                      | 146.0 | 227.1               | 11.32 | 85.9                       | 12.77 | 9.58                        | 14.00        |
| 16.00         | 0.50425               | 1239.8                        | 0.04078                       | 221.87             | 407.61 | 1.0772                | 1.7196 | 1.390                                       | 0.978 | 1.209                          | 548.                      | 145.7 | 221.5               | 11.40 | 85.0                       | 12.95 | 9.30                        | 16.00        |
| 18.00         | 0.53718               | 1232.6                        | 0.03830                       | 224.66             | 408.69 | 1.0867                | 1.7188 | 1.397                                       | 0.989 | 1.214                          | 539.                      | 145.5 | 216.0               | 11.49 | 84.1                       | 13.14 | 9.03                        | 18.00        |
| 20.00         | 0.57171               | 1225.3                        | 0.03600                       | 227.47             | 409.75 | 1.0962                | 1.7180 | 1.405                                       | 1.001 | 1.219                          | 530.                      | 145.1 | 210.7               | 11.58 | 83.3                       | 13.33 | 8.76                        | 20.00        |
| 22.00         | 0.60789               | 1218.0                        | 0.03385                       | 230.29             | 410.79 | 1.1057                | 1.7173 | 1.413                                       | 1.013 | 1.224                          | 520.                      | 144.8 | 205.5               | 11.67 | 82.4                       | 13.53 | 8.48                        | 22.00        |
| 24.00         | 0.64578               | 1210.5                        | 0.03186                       | 233.12             | 411.82 | 1.1152                | 1.7166 | 1.421                                       | 1.025 | 1.230                          | 511.                      | 144.5 | 200.4               | 11.76 | 81.6                       | 13.72 | 8.21                        | 24.00        |
| 26.00         | 0.68543               | 1202.9                        | 0.03000                       | 235.97             | 412.84 | 1.1246                | 1.7159 | 1.429                                       | 1.038 | 1.236                          | 502.                      | 144.1 | 195.4               | 11.85 | 80.7                       | 13.92 | 7.95                        | 26.00        |
| 28.00         | 0.72688               | 1195.2                        | 0.02826                       | 238.84             | 413.84 | 1.1341                | 1.7152 | 1.437                                       | 1.052 | 1.243                          | 493.                      | 143.6 | 190.5               | 11.95 | 79.8                       | 14.13 | 7.68                        | 28.00        |
| 30.00         | 0.77020               | 1187.5                        | 0.02664                       | 241.72             | 414.82 | 1.1435                | 1.7145 | 1.446                                       | 1.065 | 1.249                          | 483.                      | 143.2 | 185.8               | 12.04 | 79.0                       | 14.33 | 7.42                        | 30.00        |
| 32.00         | 0.81543               | 1179.6                        | 0.02513                       | 244.62             | 415.78 | 1.1529                | 1.7138 | 1.456                                       | 1.080 | 1.257                          | 474.                      | 142.7 | 181.1               | 12.14 | 78.1                       | 14.54 | 7.15                        | 32.00        |
| 34.00         | 0.86263               | 1171.6                        | 0.02371                       | 247.54             | 416.72 | 1.1623                | 1.7131 | 1.466                                       | 1.095 | 1.265                          | 465.                      | 142.1 | 176.6               | 12.24 | 77.3                       | 14.76 | 6.89                        | 34.00        |
| 36.00         | 0.91185               | 1163.4                        | 0.02238                       | 250.48             | 417.65 | 1.1717                | 1.7124 | 1.476                                       | 1.111 | 1.273                          | 455.                      | 141.6 | 172.1               | 12.34 | 76.4                       | 14.98 | 6.64                        | 36.00        |
| 38.00         | 0.96315               | 1155.1                        | 0.02113                       | 253.43             | 418.55 | 1.1811                | 1.7118 | 1.487                                       | 1.127 | 1.282                          | 446.                      | 141.0 | 167.7               | 12.44 | 75.6                       | 15.21 | 6.38                        | 38.00        |
| 40.00         | 1.0166                | 1146.7                        | 0.01997                       | 256.41             | 419.43 | 1.1905                | 1.7111 | 1.498                                       | 1.145 | 1.292                          | 436.                      | 140.3 | 163.4               | 12.55 | 74.7                       | 15.44 | 6.13                        | 40.00        |
| 42.00         | 1.0722                | 1138.2                        | 0.01887                       | 259.41             | 420.28 | 1.1999                | 1.7103 | 1.510                                       | 1.163 | 1.303                          | 427.                      | 139.7 | 159.2               | 12.65 | 73.9                       | 15.68 | 5.88                        | 42.00        |
| 44.00         | 1.1301                | 1129.5                        | 0.01784                       | 262.43             | 421.11 | 1.2092                | 1.7096 | 1.523                                       | 1.182 | 1.314                          | 418.                      | 138.9 | 155.1               | 12.76 | 73.0                       | 15.93 | 5.63                        | 44.00        |
| 46.00         | 1.1903                | 1120.6                        | 0.01687                       | 265.47             | 421.92 | 1.2186                | 1.7089 | 1.537                                       | 1.202 | 1.326                          | 408.                      | 138.2 | 151.0               | 12.88 | 72.1                       | 16.18 | 5.38                        | 46.00        |
| 48.00         | 1.2529                | 1111.5                        | 0.01595                       | 268.53             | 422.69 | 1.2280                | 1.7081 | 1.551                                       | 1.223 | 1.339                          | 399.                      | 137.4 | 147.0               | 13.00 | 71.3                       | 16.45 | 5.13                        | 48.00        |
| 50.00         | 1.3179                | 1102.3                        | 0.01509                       | 271.62             | 423.44 | 1.2375                | 1.7072 | 1.566                                       | 1.246 | 1.354                          | 389.                      | 136.6 | 143.1               | 13.12 | 70.4                       | 16.72 | 4.89                        | 50.00        |
| 52.00         | 1.3854                | 1092.9                        | 0.01428                       | 274.74             | 424.15 | 1.2469                | 1.7064 | 1.582                                       | 1.270 | 1.369                          | 379.                      | 135.7 | 139.2               | 13.24 | 69.6                       | 17.01 | 4.65                        | 52.00        |
| 54.00         | 1.4555                | 1083.2                        | 0.01351                       | 277.89             | 424.83 | 1.2563                | 1.7055 | 1.600                                       | 1.296 | 1.386                          | 370.                      | 134.7 | 135.4               | 13.37 | 68.7                       |       |                             |              |