

|||||||  
資 料  
|||||||

## 個人用 컴퓨터를 이용한 濕空氣性質의 計算

조 성 환 \*

### Computation of Moist Air Properties by A Personal Computer

Sung Hwan Cho \*

공기조화를 설계하거나 해석하기 위해서는 습공기의 성질을 알아야 한다. 전산기가 보편화되기 전까지는 습공기선도(Psychrometric chart)를 이용하는 것이 편리하였으나, 이제는 수식을 사용하여 컴퓨터로 계산하는 것이 더욱 편리하게 되었다. 여기서는 APPLE IIe 개인용 컴퓨터를 사용하여 습공기의 성질을 구하는 프로그램을 소개한다. 사용된 용어는 APPLESOFT BASIC이다.

이 프로그램에서 취급되는 습공기의 성질은 다음과 같다.

- $P_0$  : 대기압(atmospheric pressure ; atm)  
 $t_1$  : 건구온도(dry bulb temperature ; K)  
 $t_2$  : 습구온도(wet bulb temperature ; K)  
 $t_3$  : 노점온도(dew point temperature ; K)  
 $\omega$  : 습도비(humidity ratio ; kg의 수분 / kg의 건공기)  
 $\mu$  : 포화도(degree of saturation)  
 $\phi$  : 상대습도(relative humidity)  
 $h$  : 비엔탈피(specific enthalpy ; kj/kg의 건공기)  
 $v$  : 비체적(specific volume ; m<sup>3</sup>/kg의 건공기)

$P_w$  : 증기압(vapor pressure ; atm)

사용된 공식은 다음과 같다.(참고문헌 1,2,3)

$$\omega = \frac{(3151.37015 - 2.381 t_2) \omega_2 - t_1 + t_2}{3151.37015 + 1.805 t_1 - 4.186 t_2} \quad (1)$$

$$\omega_2 = 0.62198 P_2 / (P_0 - P_2) \quad (2)$$

$$h = 1.005 (t_1 - 273.16) + \omega(2007.9643 + 1.805 t_1) \quad (3)$$

$$v = 2.83246978 \times 10^{-3} t_1 (1 + 1.6078 \omega) / P_0 \quad (4)$$

$$\omega_s = 0.62198 P_1 / (P_0 - P_1) \quad (5)$$

$$\mu = \omega / \omega_s \quad (6)$$

$$\phi = \mu / \{ 1 - (1 - \mu) P_1 / P_0 \} \quad (7)$$

$$P_3 = \phi P_1 \quad (8)$$

위 식에서  $P_1, P_2, P_3$ 는 각각  $t_1, t_2, t_3$ 에서 의 물의 포화압력(atm)이며, 다음과 같은 근사식에 의하여 계산하였다.

$$P_{sat} = e_x p \left[ \frac{C_1}{t} + C_2 + C_3 t + C_4 t^2 + C_5 t^3 + C_6 t^4 + C_7 \ln(t) \right] \quad (9)$$

$$t_{sat} = a_1 + a_2 \ln(P) + a_3 \{ \ln(P) \}^2 \quad (10)$$

상수  $a_i$ 와  $C_i$ 의 값은 프로그램(2800-2960)에서 구할 수 있다. (참고문헌 1, 2)

이 프로그램에서 사용자는 표 1 과 같은 5가지의 단위중에서 임의로 선택할 수 있다. 필요한 입력은 대기압과 표 2와 같은 두가지 성질들이다. 프로그램은 대화식으로 되어 있어서 요구되는 입력값의 단위가 화면에 나타나면 사용자는 keyboard 를 사용하여 요구되는 값을 입력하면 된다. 프로그램의 흐름도 및 자세한 이용방법은 참고문헌 4 를 참고하기 바란다. 참고문헌 1 의 예제 4 를 프로그램을 사용하여 풀어보자.

(표 1) 사용되는 단위

단 위 제 도	온도	압력	에너지
1. SI 단위	℃	kPa	kJ/kg
2. 미터제 공학단위	℃	atm	kcal/kg
3. 미터제 공학단위	℃	mmHg	kcal/kg
4. 미터제 공학단위	℃	ata	kcal/kg
5. 영국 단위	℉	psia	Btu/lb

(표 2) 문제 유형(입력 데이터)

1. 건구온도(DB)와 습구온도(WB)
2. 건구온도(DB)와 노점온도(DP)
3. 건구온도(DB)와 상대습도(RH)
4. 건구온도(DB)와 비엔탈피(EN)
5. 건구온도(DB)와 습도비(HR)
6. 비엔탈피(EN)와 습도비(HR)

<보기> 건구온도가 4 ℃이고, 습구온도가 2 ℃인 바깥공기를 8,000 m<sup>3</sup>/h의 율로 건구온도가 25 ℃이고, 상대습도가 50 %인 공기 25,000m<sup>3</sup>/h와 단열적으로 혼합시킨다. 혼합후의 공기의 성질을 구하라.

풀이 : 먼저 바깥공기의 성질을 구한다.<MENU 1> 단위제도가 화면에 나타나면 1(SI 단위)를 선택한다. 화면에 <MENU 2> 문제유형이 나타나면 건구온도와 습구온도를 알므로 2를 누른다. 화면에는 대기압을 kPa 단위로 요구한다. 따라서 P<sub>0</sub> = 101.325 kPa (1atm)을 입력한다. 다음에 건구온도 및 습구온도가 차례로 섭씨온도

단위로 요구된다. 따라서 t<sub>1</sub> = 4 ℃, t<sub>2</sub> = 2 ℃를 입력하면 다음과 같이 바깥공기의 성질을 얻을 수 있다.

Thermodynamic properties of moist air

Atmospheric pressure	101.325 kPa
Dry bulb temperature	4 deg C
Wet bulb temperature	2 deg C
Dew point temperature	-7.79 deg C
Vapor pressure	.57625 kPa
Relative humidity	70.84 %
Humidity ratio	3.56E-03 kg(W)/kg(DA)

Enthalpy	12.933 kJ/kg(DA)
Specific volume	.7895 m <sup>3</sup> /kg(DA)

(Problem type #1)

<MENU 3> 다음 단계에서 6(결과 인쇄)을 누르고 Printer 에 결과를 인쇄한다. 바깥공기의 질량유량을 구하면

$$\dot{m}_1 = \frac{8,000 \text{ m}^3/\text{h}}{0.7895 \text{ m}^3/\text{kg}} = 10,133 \text{ kg/h}$$

이제 25 ℃, 50 %의 공기의 성질을 구하기 위하여 다시 <MENU 3> 다음 단계에서 1(재문제)를 누른다. <MENU 1> 단위제도에서 1(SI 단위)를, <MENU 2> 문제 유형에서 3(건구온도와 상대습도)를 선택한 후, 대기압 P<sub>0</sub>=101.325 kPa, 건구온도 t<sub>1</sub> = 25 ℃, 상대습도 ϕ = 50 %를 입력하면 다음과 같은 결과를 얻는다.

Thermodynamic properties of moist air

Atmospheric pressure	101.325 kPa
Dry bulb temperature	25 deg C
Wet bulb temperature	17.88 deg C
Dew point temperature	13.7 deg C

Vapor pressure	1.58461 kPa
Relative humidity	50 %
Humidity ratio	9.88E-03 kg(W)/kg(DA)

Enthalpy	50.275 kJ/kg(DA)
Specific volume	.8579 m <sup>3</sup> /kg(DA)

(Problem type #3)

질량유량은

$$\dot{m}_2 = \frac{25,000 \text{ m}^3/\text{h}}{0.8579 \text{ m}^3/\text{kg}} = 29,141 \text{ kg/h}$$

혼합후의 공기의 질량유량은

$$\dot{m} = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = 39,274 \text{ kg/h}$$

혼합후의 공기중의 수분질량유량은

$$\begin{aligned} \dot{m}_v &= 10,133 \times 0.00356 + 29,141 \times 0.00988 \\ &= 324 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

따라서 혼합후의 공기의 습도비는

$$\omega = \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}} = \frac{324}{39,274} = 0.00825 \text{ kg 수분/kg 건공기}$$

혼합이 단열적으로 일어나므로 혼합 전후의 총 엔탈피 값은 같으므로 혼합후의 공기의 비엔탈피는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} h &= \frac{10,133 \times 12.933 + 29,141 \times 50.275}{39,274} \\ &= 40.460 \text{ kJ/kg 건공기} \end{aligned}$$

이제 <MENU 3> 다음 단계에서 1(새문제)를 선택하여 혼합후의 공기의 성질을 구한다. <MENU 1>에서 1(SI 단위)를, <MENU 2>에서 6(습도비와 엔탈피)를 선택하고 대기압  $P_0 = 101.325 \text{ kPa}$ , 습도비  $\omega = 0.00825 \text{ kg 수분/kg 건공기}$ , 비엔탈피  $h = 40.64 \text{ kJ/kg 건공기}$ 를 입력하면 다음과 같이 혼합후의 공기의 성질을 얻을 수 있다.

Thermodynamic properties of moist air

---

Atmospheric pressure	101.325 kPa
Dry bulb temperature	19.63 deg C
Wet bulb temperature	14.55 deg C
Dew point temperature	11.01 deg C
Vapor pressure	1.32639 kPa
Relative humidity	58.04 %
Humidity ratio	8.25E-03 kg(W)/kg(DA)
Enthalpy	40.64 kJ/kg(DA)
Specific volume	.8403 m <sup>3</sup> /kg(DA)

---

(Problem type #6)

### 참 고 문 헌

1. ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1985.
2. Wexler, A., and Hyland, R., Thermodynamic Properties of Dry Air, Moist Air and Water and SI Psychrometric Charts, ASHRAE.
3. Heilborn, J., Science and Engineering Programs, OSBORN/McGraw-Hill, 1981.
4. 조성환, 기계공학 해석용 BASIC 프로그램, 청문각, 1986.

```

0 REM
1 REM *****
2 REM
3 REM "PSYCHROMETRICS"
4 REM
5 REM PROPERTIES OF MOIST AIR
6 REM
7 REM 1. ATMOSPHERIC PRESSURE
8 REM 2. DRY BULB TEMPERATURE
9 REM 3. WET BULB TEMPERATURE
10 REM 4. DEW POINT TEMPERATURE
11 REM 5. RELATIVE HUMIDITY
12 REM 6. HUMIDITY RATIO
13 REM 7. VAPOR PRESSURE
14 REM 8. SPECIFIC ENTHALPY
15 REM 9. SPECIFIC VOLUME
16 REM
17 REM PROGRAMMED BY
18 REM DR. SUNG HWAN CHO
19 REM SEPTEMBER 29, 1984
20 REM
21 REM *****
22 REM
23 REM
50 BE$ = CHR$(7)
80 S$ = "-----"
90 CC$ = "Change "
100 C$ = "Type the number of your choice -> "
110 AP$ = "Atmospheric pressure "
120 DB$ = "Dry bulb temperature "
130 WB$ = "Wet bulb temperature "
140 DP$ = "Dew point temperature "
150 RH$ = "Relative humidity "
160 HR$ = "Humidity ratio "
170 VP$ = "Vapor pressure "
180 EN$ = "Enthalpy "
190 SV$ = "Specific volume "
200 C1 = - 5674.5359:C2 = - 5.133563751
210 C3 = - .9677843E - 2:C4 = .62215701E - 6
220 C5 = .20747825E - 8:C6 = - .9484024E - 12
230 C7 = 4.1635019
240 B1 = - 5800.2206:B2 = - 10.13458915
250 B3 = - .048640239:B4 = .41764768E - 4
260 B5 = - .14452093E - 7:B6 = 6.545967
270 PL = .00001:PH = .312
280 TL = 210:TH = 470
290 HL = - 60:HH = 3870

```

```

310 H0 = 3151.37015
320 Y0 = 273.16;Y1 = 2007.9643;Y2 = 1.805
330 Y3 = 1.6078;CC = 1.005
350 Y = .62198
360 RV = 2.8324978E - 03
370 Y4 = 2.381;Y5 = 4.186
400 BA = 14;BB = 23;BC = 30
410 BD = 32;BE = 40
470 ER$ = " DRY BULB < WET BULB or DEW POINT > WET BULB"
500 UR$ = " %"
510 N1$ = "1. " ;N2$ = "2. " ;N3$ = "3. "
520 N4$ = "4. " ;N5$ = "5. " ;N6$ = "6. "
530 EX$ = "Exit";B$ = " " ;N7$ = "7. "
540 C0$ = " PRESS ANY KEY TO CONTINUE -> "
550 TC$ = " deg C";HC$ = " kcal/Kg"
560 C1$ = " with same DB & WB"
570 C2$ = " with same AP & WB"
580 C3$ = " with same AP & DB"
590 C4$ = " with same AP & HR"
700 GOSUB 1000; REM * UNIT SYSTEM
710 IF U = 6 THEN END
720 GOSUB 1300
730 GOSUB 2000; REM * GIVEN CONDITION
735 IF M = 7 THEN 700
740 GOSUB 3000; REM * COMPUTATION
750 IF ES = 1 THEN PRINT "ERROR!"; PRINT ; PRINT BE$;C0
$; GET G$; PRINT ; GOTO 850
770 GOSUB 5000; REM * CONVERSION
775 HOME
780 GOSUB 6000; REM * PRINT
790 PRINT ; PRINT C0$;
800 POKE - 16368,0; GET N$; PRINT
850 GOSUB 7000; REM * NEXT STEP
855 PRINT ; PRINT ; PRINT ; PRINT
860 ON L GOTO 700,880,900,920,940,960
870 END
880 VTAB 20; CALL - 958
890 VTAB 21; PRINT AP$ in "UP$;
892 INPUT " -> ";N$
894 PA = VAL(N$);PO = PA / ZP; IF PO < .1 OR PO > 10 THEN
PRINT BE$; GOTO 890
896 M = 1; GOTO 740
900 VTAB 20; CALL - 958
910 VTAB 21; PRINT DB$ in "UT$;
912 INPUT " -> ";N$
914 DB = VAL(N$);T1 = Z0 + DB / ZT; IF T1 < TL OR T1 > T
H THEN PRINT BE$; GOTO 910
916 M = 1; GOTO 740
920 VTAB 20; CALL - 958
930 VTAB 21; PRINT WB$ in "UT$;
932 INPUT " -> ";N$
934 WB = VAL(N$);T2 = Z0 + WB / ZT; IF T2 > T1 THEN PRINT
BE$; GOTO 930
936 M = 1; GOTO 740
940 VTAB 20; CALL - 958
950 VTAB 21; PRINT DB$ in "UT$;
952 INPUT " -> ";N$
954 DB = VAL(N$);T1 = Z0 + DB / ZT; IF T1 < T3 THEN PRINT
BE$; GOTO 950
956 M = 2; GOTO 740
960 PRINT CHR$(7); PRINT ; PRINT "BE SURE THAT THE PRIN
TER IS ON!"; POKE - 16368,0; GET N$; PRINT
962 PR# 1; GOSUB 6000; PR# 0
970 GOTO 850
1000 HOME
1010 PRINT " <MENU 1> Unit system"
1030 PRINT ; HTAB BA + 1; PRINT "TEMP."; HTAB BB; PRINT
"PRESS."; HTAB BD; PRINT "ENTHALPY"
1040 PRINT $
1050 PRINT ; PRINT N1$; " (S1)"; HTAB BA; PRINT " deg C";
; HTAB BB; PRINT " kPa"; HTAB BD; PRINT " kJ/Kg"
1060 PRINT ; PRINT N2$; "(Metric)"; HTAB BA; PRINT TC$; HTAB
BB; PRINT " atm"; HTAB BD; PRINT HC$
1070 PRINT ; PRINT N3$; "(Metric)"; HTAB BA; PRINT TC$; HTAB
BB; PRINT " mmHg"; HTAB BD; PRINT HC$
1080 PRINT ; PRINT N4$; "(Metric)"; HTAB BA; PRINT TC$; HTAB
BB; PRINT " ata"; HTAB BD; PRINT HC$
1090 PRINT ; PRINT N5$; "(English)"; HTAB BA; PRINT " deg
F"; HTAB BB; PRINT " psia"; HTAB BD; PRINT " Btu/l
b"
1100 PRINT ; PRINT N6$; "Stop"
1110 PRINT $
1120 PRINT ; PRINT "Reference value of specific enthalpy"
1130 PRINT " Atmospheric pressure = 1 atm"
1135 PRINT " Dry bulb temperature = 0.01 C"
1140 PRINT BE$
1180 VTAB 24; PRINT C0$; POKE - 16368,0; GET N$
1190 U = VAL(N$); IF U > 0 AND U < 7 THEN RETURN
1200 PRINT BE$; GOTO 1180
1300 IF U = 5 THEN 1700
1310 UT$ = TC$;UH$ = " kcal/kg(DA)"
1320 UV$ = " m^3/kg(DA)";UW$ = " kg(W)/kg(DA)"
1330 Z0 = 273.15;ZT = 1;ZH = 4.1868;ZV = 1
1340 ON U GOTO 1350,1400,1450,1500
1350 UT$ = " deg C";UP$ = " kPa";UH$ = " kJ/kg(DA)"
1360 ZH = 1;ZP = 101.325
1390 RETURN
1400 UP$ = " atm";ZP = 1
1440 RETURN
1450 UP$ = " mmHg";ZP = 760
1490 RETURN
1500 UP$ = " ata";ZP = 1.03323
1540 RETURN
1700 UT$ = " deg F";UP$ = " psia";UH$ = " Btu/lb"
1710 Z0 = 255.37222;ZT = 1.8;ZP = 14.6959
1720 ZH = 2.326;ZV = 1 / 16.0185
1730 UV$ = " ft^3/lb(DA)";UW$ = " lb(W)/lb(DA)"
1790 RETURN
2000 HOME
2010 PRINT " <MENU 2> Given condition"
2020 PRINT $
2030 PRINT AP$; " is always given"
2040 PRINT ; PRINT N1$;DB$; PRINT B$;WB$
2050 PRINT ; PRINT N2$;DB$; PRINT B$;DP$
2060 PRINT ; PRINT N3$;DB$; PRINT B$;RH$
2070 PRINT ; PRINT N4$;DB$; PRINT B$;EH$
2080 PRINT ; PRINT N5$;DB$; PRINT B$;HR$
2090 PRINT ; PRINT N6$;EN$; PRINT B$;HR$;
2100 HTAB 28; PRINT N7$;EX$
2105 PRINT $
2107 PRINT BE$
2110 VTAB 24; PRINT C0$; POKE - 16368,0
2120 GET N$;M = VAL(N$)
2125 IF M = 7 THEN RETURN
2130 IF M > 0 AND M < 8 THEN 2300
2140 PRINT BE$; GOTO 2110
2300 HOME
2310 VTAB 3; PRINT AP$ in "UP$;
2320 INPUT " -> ";N$;PA = VAL(N$)
2330 PO = PA / ZP; IF PO < .1 OR PO > 5 THEN PRINT BE$; GOTO
2320
2340 VTAB 7; IF M = 6 THEN 2700
2350 PRINT DB$ in "UT$;
2360 INPUT " -> ";N$
2370 DB = VAL(N$);T1 = Z0 + DB / ZT
2380 IF T1 < TL OR T1 > TH THEN PRINT BE$; GOTO 2360
2390 VTAB 11; ON M GOTO 2400,2450,2500,2550,2600
2400 PRINT WB$ in "UT$;
2410 INPUT " -> ";N$
2420 WB = VAL(N$);T2 = Z0 + WB / ZT
2430 IF T2 < TL OR T2 > TH THEN PRINT BE$; GOTO 2410
2440 RETURN
2450 PRINT DP$ in "UT$;
2460 INPUT " -> ";N$
2470 DP = VAL(N$);T3 = Z0 + DP / ZT
2480 IF T3 > TH OR T3 < TL THEN PRINT BE$; GOTO 2460
2490 RETURN
2500 PRINT RH$ in "UR$;
2510 INPUT " -> ";N$
2520 RH = VAL(N$); IF RH > 100 OR RH < = 0 THEN PRINT
BE$; GOTO 2510
2530 R = RH / 100; RETURN
2550 PRINT EN$ in "UH$;
2560 INPUT " -> ";N$
2570 HA = VAL(N$);H = HA * ZH
2590 RETURN
2600 PRINT HR$ in "UH$;
2610 INPUT " -> ";N$
2620 WA = VAL(N$);W = WA
2630 IF W < = 0 OR W > .5 THEN PRINT BE$; GOTO 2610
2640 RETURN
2700 PRINT HR$ in "UH$;
2710 INPUT " -> ";N$
2720 WA = VAL(N$);W = WA
2730 IF W < = 0 OR W > .5 THEN PRINT BE$; GOTO 2710
2740 VTAB 11; PRINT EN$ in "UH$;
2750 INPUT " -> ";N$
2760 HA = VAL(N$);H = HA * ZH
2780 RETURN
2800 IF T > 273.16 THEN 2850
2810 G = C1 / T + C2 + C3 * T + C4 * T * T + C5 * T * T * 3 +
C6 * T * T * 4 + C7 * LOG(T)
2820 PS = EXP(G)
2830 RETURN
2850 G = B1 / T + B2 + B3 * T + B4 * T * T + B5 * T * T * 3 +
B6 * LOG(T)
2860 PS = EXP(G)
2870 RETURN
2900 IF PW < = 0 THEN VAPOR ; PRINT $; PRINT "
ERROR IN VAPOR PRESSURE"; PRINT ; PRINT "

```

```

P_vap = *;PW: PRINT :ES = 1: RETURN
2905 A = LOG (PW * 101325)
2910 IF PW < .0040331 THEN 2950
2920 T = 237.193 - 1.8726 * A + 1.1689 * A * A
2930 RETURN
2950 T = 212.7 + 7.0332 * A + .37 * A * A
2960 RETURN
3000 ES = 0
3005 ON M GOTO 3010,3200,3300,3400,3500,3600
3010 JF T1 = T2 THEN T3 = T1: GOTO 3700
3015 T = T2: GOSUB 2800
3020 W2 = Y * PS / (P0 - P5)
3030 H1 = (H0 - Y4 * T2) * W2 - (T1 - T2)
3040 H2 = H0 + Y2 * T1 - Y5 * T2
3050 W = H1 / H2
3056 T = T1: GOSUB 2800:P1 = PS
3060 P3 = P0 * W / (Y + W)
3070 PW = P3: GOSUB 2900:T3 = T
3080 H = CC * (T1 - Y0) + W * (Y1 + Y2 * T1)
3090 V = RV * T1 * (1 + Y3 * W) / P0
3100 WS = Y * P1 / (P0 - P1)
3110 MU = W / WS
3120 R = MU / (1 - (1 - MU) * P1 / P0)
3130 RETURN
3200 IF T1 = T3 THEN T2 = T1: GOTO 3700
3205 T = T1: GOSUB 2800:P1 = PS
3210 T = T3: GOSUB 2800:P3 = PS
3220 W = Y * P3 / (P0 - P3)
3250 WS = Y * P1 / (P0 - P1)
3260 MU = W / WS
3270 R = MU / (1 - (1 - MU) * P1 / P0)
3280 V = RV * T1 * (1 + Y3 * W) / P0
3290 H = CC * (T1 - Y0) + W * (Y1 + Y2 * T1)
3295 GOTO 3800
3300 IF R = 1 THEN T2 = T1:T3 = T1: GOTO 3700
3305 T = T1: GOSUB 2800:P1 = PS
3310 P3 = R * P1:PW = P3: GOSUB 2900:T3 = T
3340 W = Y * P3 / (P0 - P3)
3350 WS = Y * P1 / (P0 - P1)
3360 MU = W / WS
3380 V = RV * T1 * (1 + Y3 * W) / P0
3390 H = CC * (T1 - Y0) + W * (Y1 + Y2 * T1)
3395 GOTO 3800
3400 W = (H - CC * (T1 - Y0)) / (Y2 * T1 + Y1)
3405 IF W < 0 THEN PRINT BE$: PRINT "ERROR IN INPUT DATA"
      :ES = 1: RETURN
3410 T = T1: GOSUB 2800:P1 = PS
3420 P3 = P0 * W / (Y + W):P = P3: GOSUB 2900:T3 = T
3450 W = Y * P3 / (P0 - P3)
3455 WS = Y * P1 / (P0 - P1)
3460 MU = W / WS
3465 IF MU > 1 THEN ES = 1: RETURN
3470 R = MU / (1 - (1 - MU) * P1 / P0)
3480 V = RV * T1 * (1 + Y3 * W) / P0
3490 GOTO 3800
3500 T = T1: GOSUB 2800:P1 = PS
3520 WS = Y * P1 / (P0 - P1)
3530 MU = W / WS
3535 IF MU < 0 OR MU > 1 THEN ES = 1: RETURN
3540 R = MU / (1 - (1 - MU) * P1 / P0)
3550 V = RV * T1 * (1 + Y3 * W) / P0
3560 H = CC * (T1 - Y0) + W * (Y1 + Y2 * T1)
3570 P3 = P0 * W / (Y + W):PW = P3: GOSUB 2900:T3 = T
3590 GOTO 3800
3600 T1 = (H + CC * Y0 - W * Y1) / (CC + W * Y2)
3610 T = T1: GOSUB 2800:P1 = PS
3620 P3 = P0 * W / (Y + W)
3630 PW = P3: GOSUB 2900:T3 = T
3633 IF T3 > T1 THEN ES = 1: RETURN
3650 WS = Y * P1 / (P0 - P1)
3660 MU = W / WS
3665 IF MU < 0 OR MU > 1 THEN ES = 1: RETURN
3670 R = MU / (1 - (1 - MU) * P1 / P0)
3680 V = RV * T1 * (1 + Y3 * W) / P0
3690 GOTO 3800
3700 R = 1
3710 MU = 1
3730 T = T1: GOSUB 2800:P1 = PS
3750 WS = Y * P1 / (P0 - P1):W = WS
3760 V = RV * T1 * (1 + Y3 * W) / P0
3770 H = CC * (T1 - Y0) + W * (Y1 + Y2 * T1)
3780 P3 = P0 * W / (Y + W)
3790 RETURN
3800 IF T1 = T3 THEN T2 = T1: RETURN
3810 T2 = .3 * T1 + .7 * T3:DT = T2 - T3
3820 T = T2: GOSUB 2800
3830 W2 = Y * PS / (P0 - P5)
3840 H1 = (H0 - Y4 * T2) * W2 - (T1 - T2)
3850 H2 = H0 + Y2 * T1 - Y5 * T2
3860 W2 = H1 / H2
3870 IF ABS (W2 - W) < 1E - 6 THEN RETURN
3880 DT = .5 * DT
3885 IF DT < .001 THEN RETURN
3890 IF W2 > W THEN T2 = T2 - DT: GOTO 3820
3900 T2 = T2 + DT: GOTO 3820
5000 IF T2 > T1 OR T3 > T2 THEN HOME : PRINT ER$: RETURN
5010 PA = INT (P0 * ZP * 1000 + .5) / 1000
5020 PV = INT (P3 * ZP * 100000 + .5) / 100000
5030 DB = INT ((T1 - 20) * ZT * 100 + .5) / 100
5040 WB = INT ((T2 - 20) * ZT * 100 + .5) / 100
5050 DP = INT ((T3 - 20) * ZT * 100 + .5) / 100
5060 HA = INT (H / ZH * 1000 + .5) / 1000
5070 RA = INT (R * 10000 + .5) / 100
5080 WA = INT (W * 100000 + .5) / 100000
5090 MU = INT (MU * 10000 + .5) / 100
5100 VA = INT (V / ZV * 10000 + .5) / 10000
5110 RETURN
6000 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT "Thermodynamic properties of moist air"
6010 PRINT $
6020 PRINT : PRINT AP$: HTAB 25: PRINT PA,UP$
6030 PRINT : PRINT DB$: HTAB 25: PRINT DB,UT$
6040 PRINT : PRINT WB$: HTAB 25: PRINT WB,UT$
6050 PRINT : PRINT DP$: HTAB 25: PRINT DP,UT$
6060 PRINT : PRINT VP$: HTAB 25: PRINT PV,UP$
6070 PRINT : PRINT RH$: HTAB 25: PRINT RA,UR$
6080 PRINT : PRINT HR$: HTAB 20: PRINT WA,UA$
6090 PRINT : PRINT EN$: HTAB 20: PRINT HA,UH$
6100 PRINT : PRINT SW$: HTAB 20: PRINT VA,UV$
6110 PRINT $
6115 PRINT " (Problem type #"M*")"
6120 RETURN
7000 HOME : PRINT " (MENU 4) NEXT STEP"
7010 PRINT $
7020 PRINT N1$: "New problem"
7030 PRINT : PRINT N2$:CC$:AP$: PRINT C1$
7040 PRINT : PRINT N3$:CC$:DB$: PRINT C2$
7050 PRINT : PRINT N4$:CC$:WB$: PRINT C3$
7060 PRINT : PRINT N5$:CC$:DP$: PRINT C4$
7065 PRINT : PRINT N6$: "Print results"
7070 PRINT : PRINT "? Stop"
7080 PRINT : PRINT $
7085 PRINT BE$
7090 UTAB 23: PRINT C$
7100 POKE - 16368,0: GET N$: PRINT
7110 L = VAL (N$)
7120 IF L < 1 OR L > 7 THEN 7090
7130 RETURN

```