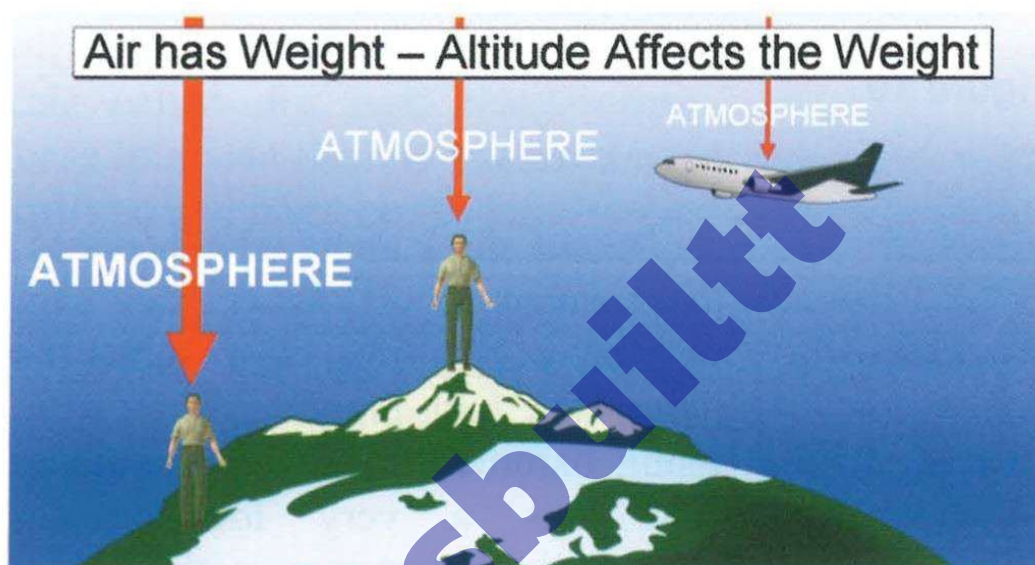


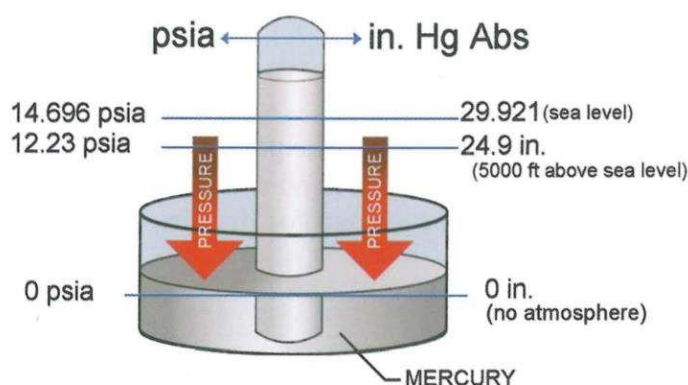
فشار هوا

هوا دارای وزن است، حتی اگر ما وزن آن را تشخیص ندهیم. فشارسنج وسیله ای برای اندازه گیری وزن ستون هوای اتمسفر است. فشار هوا معمولاً با واحد اینچ جیوه (in. Hg) اندازه گیری می شود. توجه داشته باشید که وزن هوا (فشار) به ارتفاع بستگی دارد، هر چه از سطح دریا بالاتر باشد فشار هوا کمتر است.



همان طور که قبلاً اشاره کردیم یکی از عوامل تعیین مشخصات ترمودینامیکی هوا، فشار هوا می باشد. برای محاسبه وزن هوای اتمسفر در محاسبات سایکرومتریک از فشار مطلق استفاده می شود. فشار هوای اتمسفر در سطح دریا برابر با ۲۹٫۹۲ اینچ جیوه (۷۶۰ میلیمتر جیوه) یا معادل ۱۴٫۷ پوند بر اینچ مربع (psia) (۱۰۱٫۳ کیلوپاسکال) می باشد.

Absolute Pressure Scales Compared



جهت تهیه کتاب با شماره تماس ۰۲۱۸۸۸۳۱۰۲

و یا آیدی تلگرامی asbuiltt در ارتباط باشید.

همان طور که گفتیم با افزایش ارتفاع از سطح دریا فشار اتمسفر کاهش می یابد. به عنوان مثال در شهری با ارتفاع ۵۰۰۰ فوتی از سطح دریا فشار اتمسفر ۱۲,۲۳ psia است. از آنجایی که مشخصات ترمودینامیکی هوا به فشار بستگی دارند، نمودار سایکرومتریک نیز تابع فشار هواست. به همین علت نمودارهای سایکرومتریک برای ارتفاعات مختلف منتشر می شود، که ارتفاعات سطح دریا، ۲۵۰۰ فوت، ۵۰۰۰ فوت، ۷۵۰۰ فوت و ۱۰۰۰۰ فوت ارتفاعات رایج است. نمودارها را می توان برای ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ فوت بدون اصلاح استفاده کرد.

نکته: برای شهرهایی که در ارتفاعات مختلف نسبت به سطح دریا قرار گرفته اند می توانیم فشار هوا در آن ارتفاع را از جداول تنظیم شده فشار هوا بر حسب ارتفاع بدست آوریم.

ضریب تصحیح ارتفاعی چگالی هوا: به نسبت فشار هوای محیط در ارتفاع مشخص به فشار هوا در سطح دریا، ضریب تصحیح ارتفاعی چگالی (λ) گفته می شود که در محاسبات بارهای حرارتی و برودتی کاربرد دارد. این ضریب، تاثیر کاهش چگالی هوا در اثر کاهش فشار هوا را در محاسبات بارهای حرارتی و برودتی اعمال می کند. بدیهی است که λ در سطح دریا برابر با ۱ می باشد.

$$\lambda = \frac{\text{فشار محیط}}{\text{فشار در سطح دریا}}$$

جدول ضریب تصحیح ارتفاعی چگالی هوا

ارتفاع از سطح دریا (متر)	ضریب اصلاح چگالی هوا	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	ضریب اصلاح چگالی هوا
0	1	0	1
1000	0.885	1000	0.966
1500	0.830	2000	0.932
2000	0.785	3000	0.898
2500	0.735	4000	0.864
3000	0.690	5000	0.830
3500	0.650	6000	0.803
4000	0.610	7000	0.769
4500	0.565	8000	0.741
5000	0.529	9000	0.714
6000	0.463	10,000	0.687
7000	0.403	11,000	0.66
8000	0.350	12,000	0.64

نکته: اندازه گیری فشار مورد استفاده در تهویه مطبوع گاهی اوقات بر حسب فشار نسبی است (مثلا psig یا psi)، که اختلاف فشار با فشار هوای اتمسفر را نشان می دهند. ولی برای محاسبات سایکرومتریک تمام فشارها، فشار مطلق می باشند.

از آنجایی که محاسبات مشخصات هوا به ارتفاع (فشار)، دما و رطوبت بستگی دارد، صنعت درباره مجموعه ای از شرایط برای هوا به نام هوای استاندارد به توافق رسیده است. این نقطه مرجعی است که برای محاسبات خود از آن استفاده خواهیم کرد. هوای استاندارد در سطح دریا تعریف می شود، و دارای دمای ۱۵ درجه سانتیگراد (۵۹ درجه فارنهایت)، و فشار ۱۰۱ کیلوپاسکال یا ۷۶۰ میلیمتر جیوه (۱۴,۷ psia یا ۲۹,۹۲ اینچ جیوه) تعریف می شود.

در ادامه به بررسی مشخصات ترمودینامیکی هوا که از روی نمودار سایکرومتریک می توانیم تعیین کنیم می پردازیم، که هدف اصلی آن تعیین مقدار یا درصد رطوبت (بخار آب) موجود در هوا است.

TABLE A-16

Properties of the atmosphere at high altitude

Altitude, m	Temperature, °C	Pressure, kPa	Gravity g , m/s ²	Speed of Sound, m/s	Density, kg/m ³	Viscosity μ , kg/m·s	Thermal Conductivity, W/m·K
0	15.00	101.33	9.807	340.3	1.225	1.789×10^{-5}	0.0253
200	13.70	98.95	9.806	339.5	1.202	1.783×10^{-5}	0.0252
400	12.40	96.61	9.805	338.8	1.179	1.777×10^{-5}	0.0252
600	11.10	94.32	9.805	338.0	1.156	1.771×10^{-5}	0.0251
800	9.80	92.08	9.804	337.2	1.134	1.764×10^{-5}	0.0250
1000	8.50	89.88	9.804	336.4	1.112	1.758×10^{-5}	0.0249
1200	7.20	87.72	9.803	335.7	1.090	1.752×10^{-5}	0.0248
1400	5.90	85.60	9.802	334.9	1.069	1.745×10^{-5}	0.0247
1600	4.60	83.53	9.802	334.1	1.048	1.739×10^{-5}	0.0245
1800	3.30	81.49	9.801	333.3	1.027	1.732×10^{-5}	0.0244
2000	2.00	79.50	9.800	332.5	1.007	1.726×10^{-5}	0.0243
2200	0.70	77.55	9.800	331.7	0.987	1.720×10^{-5}	0.0242
2400	-0.59	75.63	9.799	331.0	0.967	1.713×10^{-5}	0.0241
2600	-1.89	73.76	9.799	330.2	0.947	1.707×10^{-5}	0.0240
2800	-3.19	71.92	9.798	329.4	0.928	1.700×10^{-5}	0.0239
3000	-4.49	70.12	9.797	328.6	0.909	1.694×10^{-5}	0.0238
3200	-5.79	68.36	9.797	327.8	0.891	1.687×10^{-5}	0.0237
3400	-7.09	66.63	9.796	327.0	0.872	1.681×10^{-5}	0.0236
3600	-8.39	64.94	9.796	326.2	0.854	1.674×10^{-5}	0.0235
3800	-9.69	63.28	9.795	325.4	0.837	1.668×10^{-5}	0.0234
4000	-10.98	61.66	9.794	324.6	0.819	1.661×10^{-5}	0.0233
4200	-12.3	60.07	9.794	323.8	0.802	1.655×10^{-5}	0.0232
4400	-13.6	58.52	9.793	323.0	0.785	1.648×10^{-5}	0.0231
4600	-14.9	57.00	9.793	322.2	0.769	1.642×10^{-5}	0.0230
4800	-16.2	55.51	9.792	321.4	0.752	1.635×10^{-5}	0.0229
5000	-17.5	54.05	9.791	320.5	0.736	1.628×10^{-5}	0.0228
5200	-18.8	52.62	9.791	319.7	0.721	1.622×10^{-5}	0.0227
5400	-20.1	51.23	9.790	318.9	0.705	1.615×10^{-5}	0.0226
5600	-21.4	49.86	9.789	318.1	0.690	1.608×10^{-5}	0.0224
5800	-22.7	48.52	9.785	317.3	0.675	1.602×10^{-5}	0.0223
6000	-24.0	47.22	9.788	316.5	0.660	1.595×10^{-5}	0.0222
6200	-25.3	45.94	9.788	315.6	0.646	1.588×10^{-5}	0.0221
6400	-26.6	44.69	9.787	314.8	0.631	1.582×10^{-5}	0.0220
6600	-27.9	43.47	9.786	314.0	0.617	1.575×10^{-5}	0.0219
6800	-29.2	42.27	9.785	313.1	0.604	1.568×10^{-5}	0.0218
7000	-30.5	41.11	9.785	312.3	0.590	1.561×10^{-5}	0.0217
8000	-36.9	35.65	9.782	308.1	0.526	1.527×10^{-5}	0.0212
9000	-43.4	30.80	9.779	303.8	0.467	1.493×10^{-5}	0.0206
10,000	-49.9	26.50	9.776	299.5	0.414	1.458×10^{-5}	0.0201
12,000	-56.5	19.40	9.770	295.1	0.312	1.422×10^{-5}	0.0195
14,000	-56.5	14.17	9.764	295.1	0.228	1.422×10^{-5}	0.0195
16,000	-56.5	10.53	9.758	295.1	0.166	1.422×10^{-5}	0.0195
18,000	-56.5	7.57	9.751	295.1	0.122	1.422×10^{-5}	0.0195

جهت تهیه کتاب با شماره تماس ۰۲۱۸۸۸۳۱۰۲

و یا آیدی تلگرامی asbuiltt در ارتباط باشید.

TABLE A-16E

Properties of the atmosphere at high altitude

Altitude, ft	Temperature, °F	Pressure, psia	Gravity, g, ft/s ²	Speed of sound, ft/s	Density, lbm/ft ³	Viscosity μ , lbm/ft·s	Thermal conductivity, Btu/h·ft·R
0	59.00	14.7	32.174	1116	0.07647	1.202×10^{-5}	0.0146
500	57.22	14.4	32.173	1115	0.07536	1.199×10^{-5}	0.0146
1000	55.43	14.2	32.171	1113	0.07426	1.196×10^{-5}	0.0146
1500	53.65	13.9	32.169	1111	0.07317	1.193×10^{-5}	0.0145
2000	51.87	13.7	32.168	1109	0.07210	1.190×10^{-5}	0.0145
2500	50.09	13.4	32.166	1107	0.07104	1.186×10^{-5}	0.0144
3000	48.30	13.2	32.165	1105	0.06998	1.183×10^{-5}	0.0144
3500	46.52	12.9	32.163	1103	0.06985	1.180×10^{-5}	0.0143
4000	44.74	12.7	32.162	1101	0.06792	1.177×10^{-5}	0.0143
4500	42.96	12.5	32.160	1099	0.06690	1.173×10^{-5}	0.0142
5000	41.17	12.2	32.159	1097	0.06590	1.170×10^{-5}	0.0142
5500	39.39	12.0	32.157	1095	0.06491	1.167×10^{-5}	0.0141
6000	37.61	11.8	32.156	1093	0.06393	1.164×10^{-5}	0.0141
6500	35.83	11.6	32.154	1091	0.06296	1.160×10^{-5}	0.0141
7000	34.05	11.3	32.152	1089	0.06200	1.157×10^{-5}	0.0140
7500	32.26	11.1	32.151	1087	0.06105	1.154×10^{-5}	0.0140
8000	30.48	10.9	32.149	1085	0.06012	1.150×10^{-5}	0.0139
8500	28.70	10.7	32.148	1083	0.05919	1.147×10^{-5}	0.0139
9000	26.92	10.5	32.146	1081	0.05828	1.144×10^{-5}	0.0138
9500	25.14	10.3	32.145	1079	0.05738	1.140×10^{-5}	0.0138
10,000	23.36	10.1	32.145	1077	0.05648	1.137×10^{-5}	0.0137
11,000	19.79	9.72	32.140	1073	0.05473	1.130×10^{-5}	0.0136
12,000	16.23	9.34	32.137	1069	0.05302	1.124×10^{-5}	0.0136
13,000	12.67	8.99	32.134	1065	0.05135	1.117×10^{-5}	0.0135
14,000	9.12	8.63	32.131	1061	0.04973	1.110×10^{-5}	0.0134
15,000	5.55	8.29	32.128	1057	0.04814	1.104×10^{-5}	0.0133
16,000	+1.99	7.97	32.125	1053	0.04659	1.097×10^{-5}	0.0132
17,000	-1.58	7.65	32.122	1049	0.04508	1.090×10^{-5}	0.0132
18,000	-5.14	7.34	32.119	1045	0.04361	1.083×10^{-5}	0.0130
19,000	-8.70	7.05	32.115	1041	0.04217	1.076×10^{-5}	0.0129
20,000	-12.2	6.76	32.112	1037	0.04077	1.070×10^{-5}	0.0128
22,000	-19.4	6.21	32.106	1029	0.03808	1.056×10^{-5}	0.0126
24,000	-26.5	5.70	32.100	1020	0.03553	1.042×10^{-5}	0.0124
26,000	-33.6	5.22	32.094	1012	0.03311	1.028×10^{-5}	0.0122
28,000	-40.7	4.78	32.088	1003	0.03082	1.014×10^{-5}	0.0121
30,000	-47.8	4.37	32.082	995	0.02866	1.000×10^{-5}	0.0119
32,000	-54.9	3.99	32.08	987	0.02661	0.986×10^{-5}	0.0117
34,000	-62.0	3.63	32.07	978	0.02468	0.971×10^{-5}	0.0115
36,000	-69.2	3.30	32.06	969	0.02285	0.956×10^{-5}	0.0113
38,000	-69.7	3.05	32.06	968	0.02079	0.955×10^{-5}	0.0113
40,000	-69.7	2.73	32.05	968	0.01890	0.955×10^{-5}	0.0113
45,000	-69.7	2.148	32.04	968	0.01487	0.955×10^{-5}	0.0113
50,000	-69.7	1.691	32.02	968	0.01171	0.955×10^{-5}	0.0113
55,000	-69.7	1.332	32.00	968	0.00922	0.955×10^{-5}	0.0113
60,000	-69.7	1.048	31.99	968	0.00726	0.955×10^{-5}	0.0113

جهت تهیه کتاب با شماره تماس ۰۲۱۸۸۸۳۱۰۲

و یا آیدی تلگرامی asbuiltt در ارتباط باشید.

ساختار نمودار سایکرومتریک

۱- دمای خشک (T_{db}) Dry Bulb Temperature

محور افقی نمودار سایکرومتریک دمای هوا که با دماسنج معمولی اندازه گیری می شود را نمایش می دهد، که به آن دمای خشک هوا می گوئیم و واحدهای معمول اندازه گیری آن درجه سانتیگراد و درجه فارنهایت می باشد.

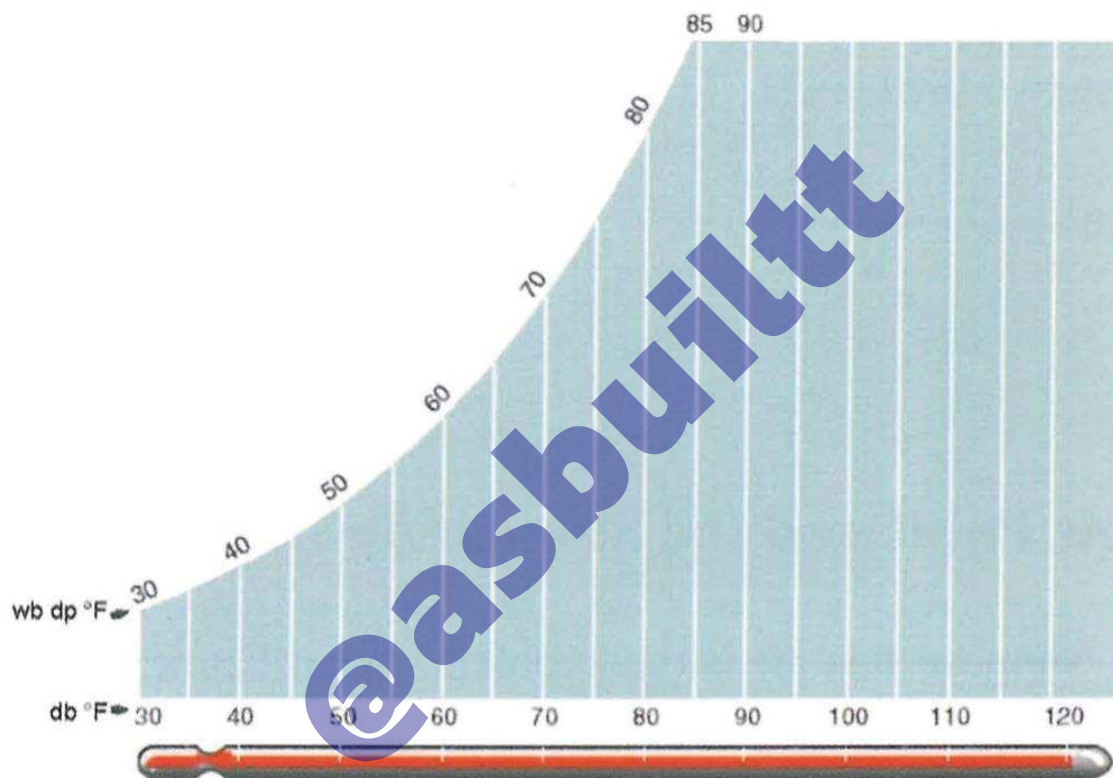
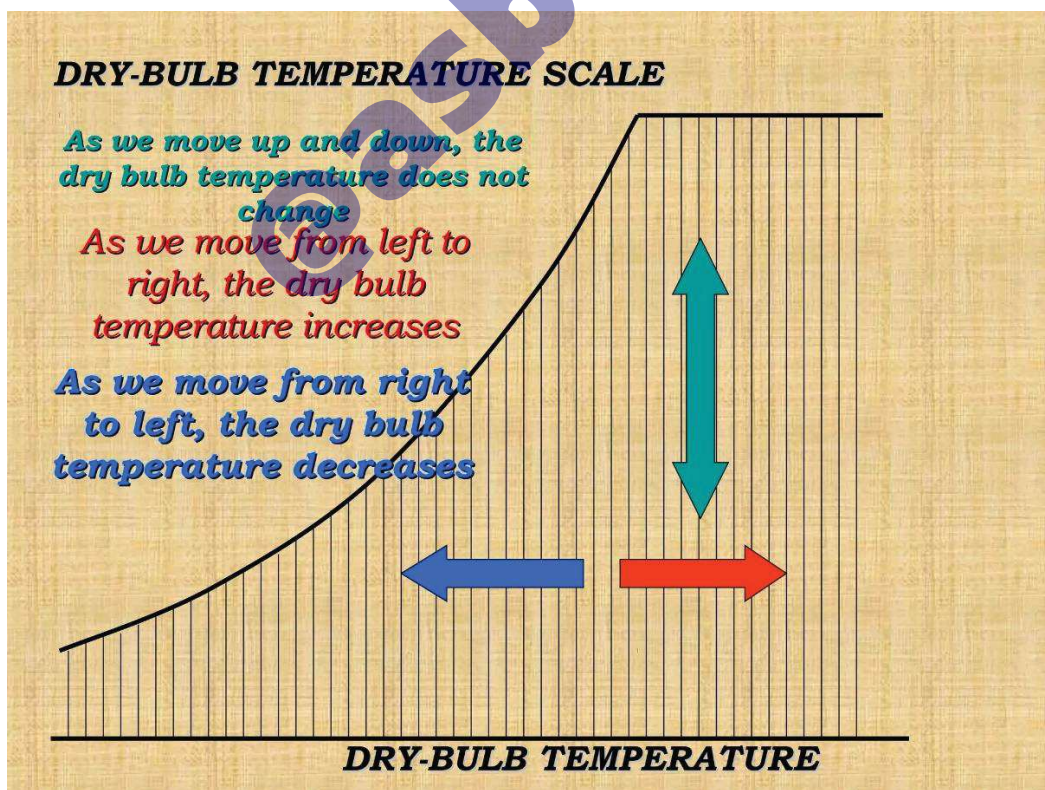
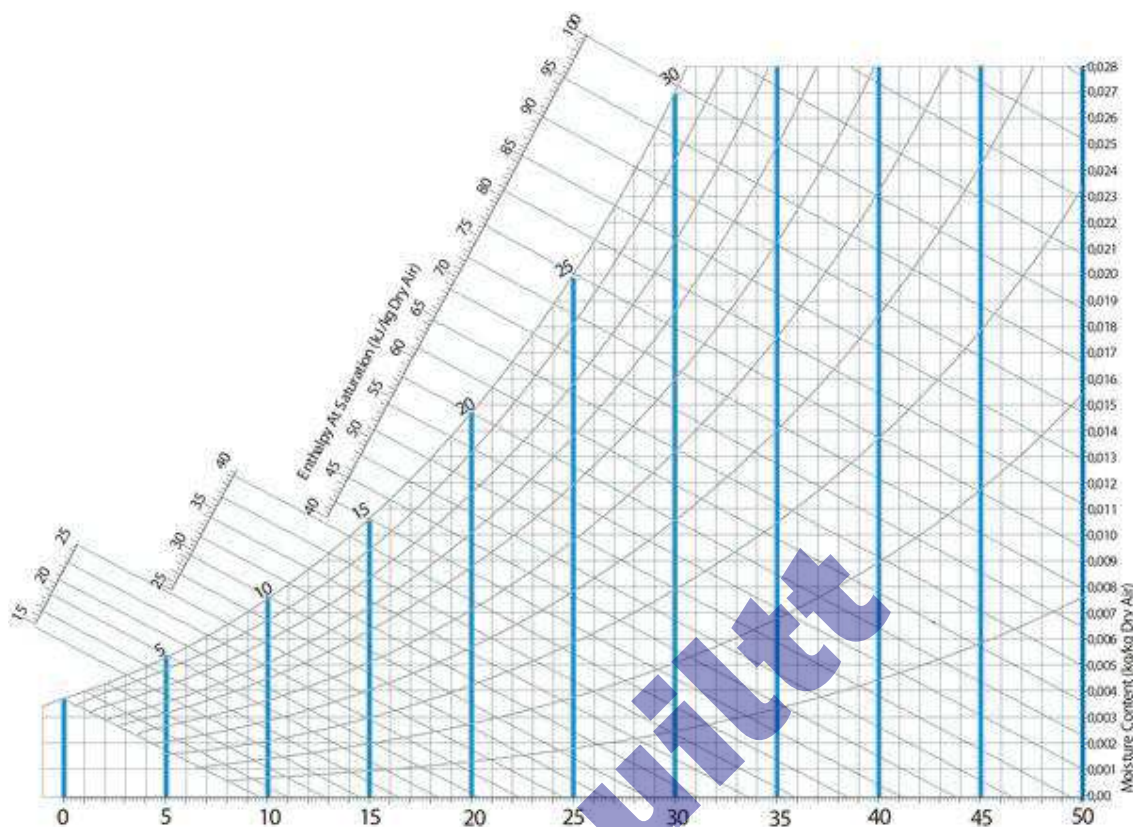


Figure 12

The horizontal scale is dry bulb temperature.

در نتیجه خطوط قائم نمودار سایکرومتریک، خطوط دمای خشک ثابت است و هر نقطه روی این خطوط عمودی، دمای خشک یکسانی دارد.



۲- رطوبت مطلق (رطوبت مخصوص یا نسبت رطوبت یا محتوای رطوبت) Specific Humidity (w)

محور عمودی نیز مقدار بخار آب مخلوط شده با هر پوند هوای خشک را نشان می دهد. همان طور که گفتیم از آنجایی که مقدار بخار آب در هوا بسیار کم است، مقیاس آن بیشتر به صورت گرین بخار آب به ازای هر پوند هوای خشک در فشار اتمسفر رسم می شود. البته برخی از نمودارها بخار آب را بر حسب پوند آب در هر پوند هوای خشک ترسیم می کنند. محور عمودی را محور رطوبت مطلق یا رطوبت مخصوص می نامند.

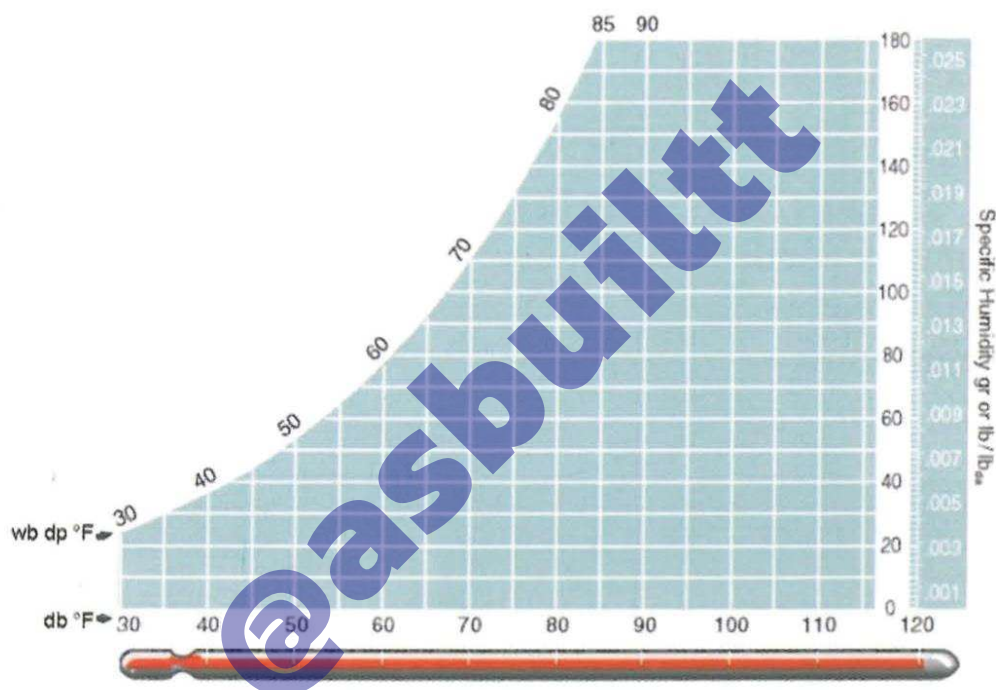


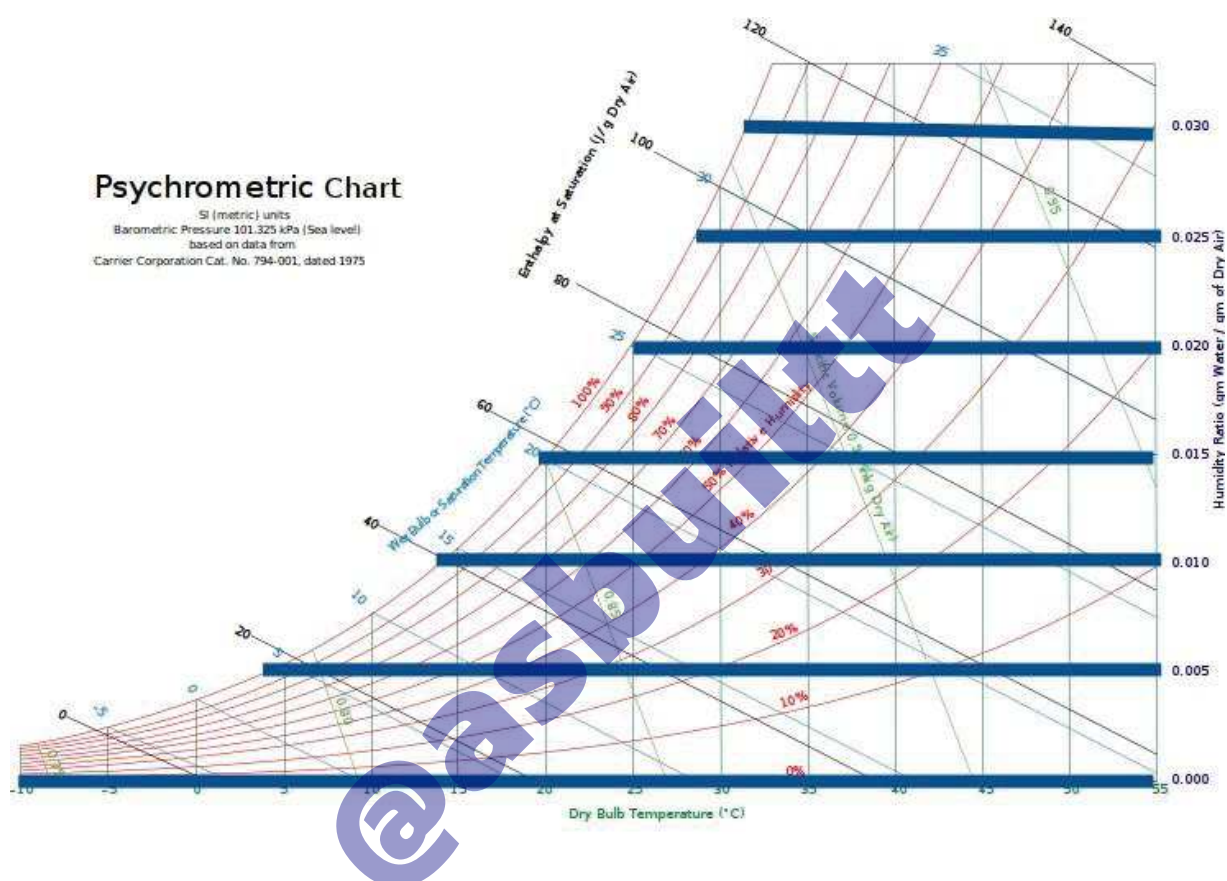
Figure 13

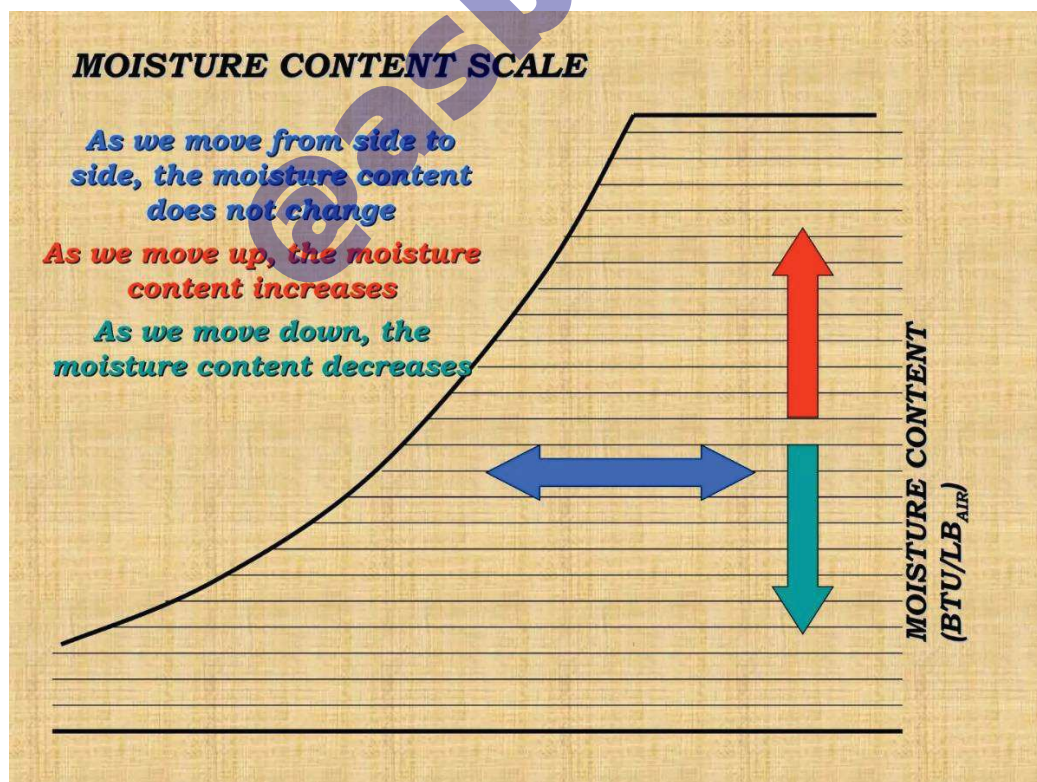
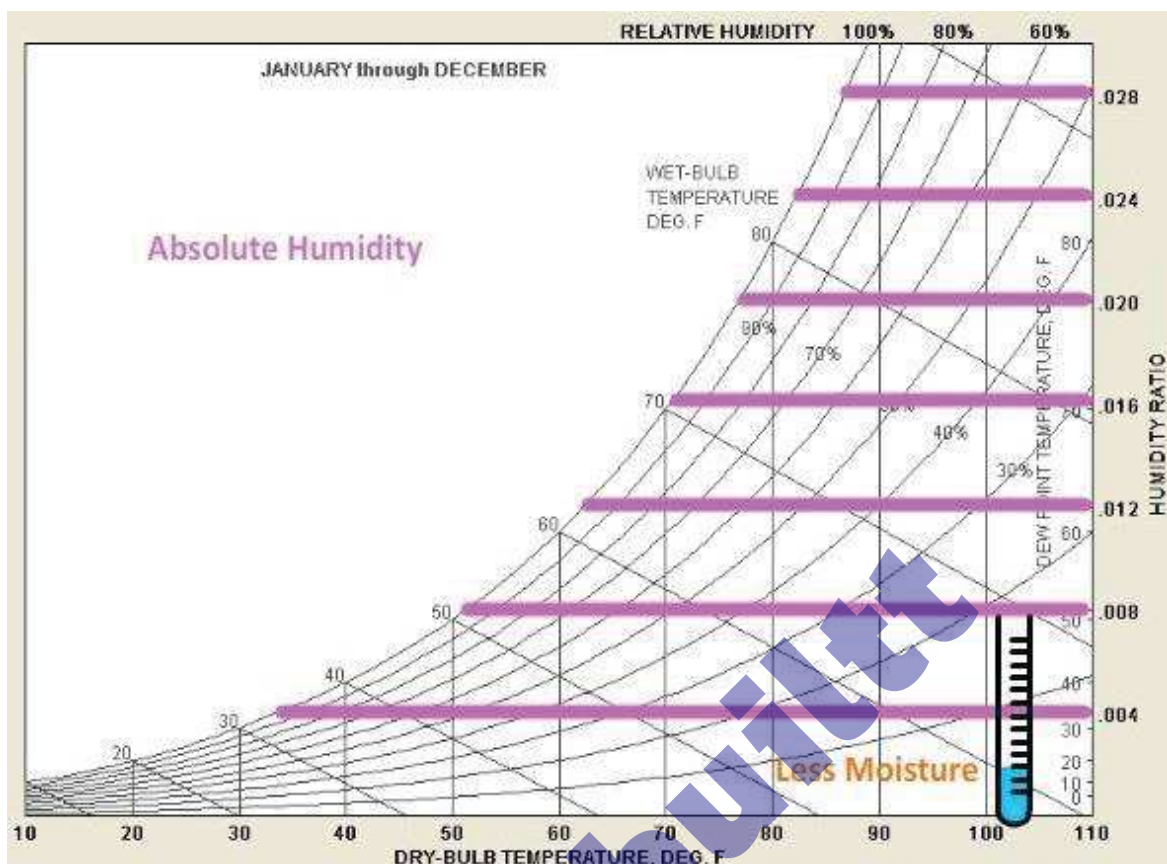
The vertical scale is specific humidity, a measure of the amount of water vapor in the air.

تعریف دیگر رطوبت مطلق عبارت است از نسبت جرم بخار آب موجود در حجم معینی از هوا تقسیم بر جرم هوای خشک در همان حجم هوا یا به عبارتی نسبت جرم بخار آب موجود در هوا به جرم همان هوا بدون بخار آب

$$w = \frac{M_v}{M_{da}} \text{ (gr/kg or grain/lb)}$$

با توجه به اینکه رطوبت مطلق روی محور عمودی منحنی نمایش داده می شود پس در نتیجه خطوط افقی، خطوط رطوبت مطلق ثابت هستند، و هر نقطه روی این خطوط افقی رطوبت مطلق یکسانی دارد.





اکنون به راحتی می توان تمام مخلوط های هوا و بخار آب را روی نمودار مشخص کرد. برای مثال، هوا در دمای حباب خشک ۷۵ درجه فارنهایت، بدون توجه به رطوبت، در نقطه ای از خط عمودی روی ۷۵ درجه فارنهایت است. همچنین هوا با ۶۰ گرین بخار آب بر پوند هوای خشک در نقطه ای از خط افقی روی ۶۰ گرین قرار دارد. پس نقطه مشخصه هوایی با ۷۵ درجه فارنهایت و ۶۰ گرین رطوبت، نقطه تلاقی این دو خط است.

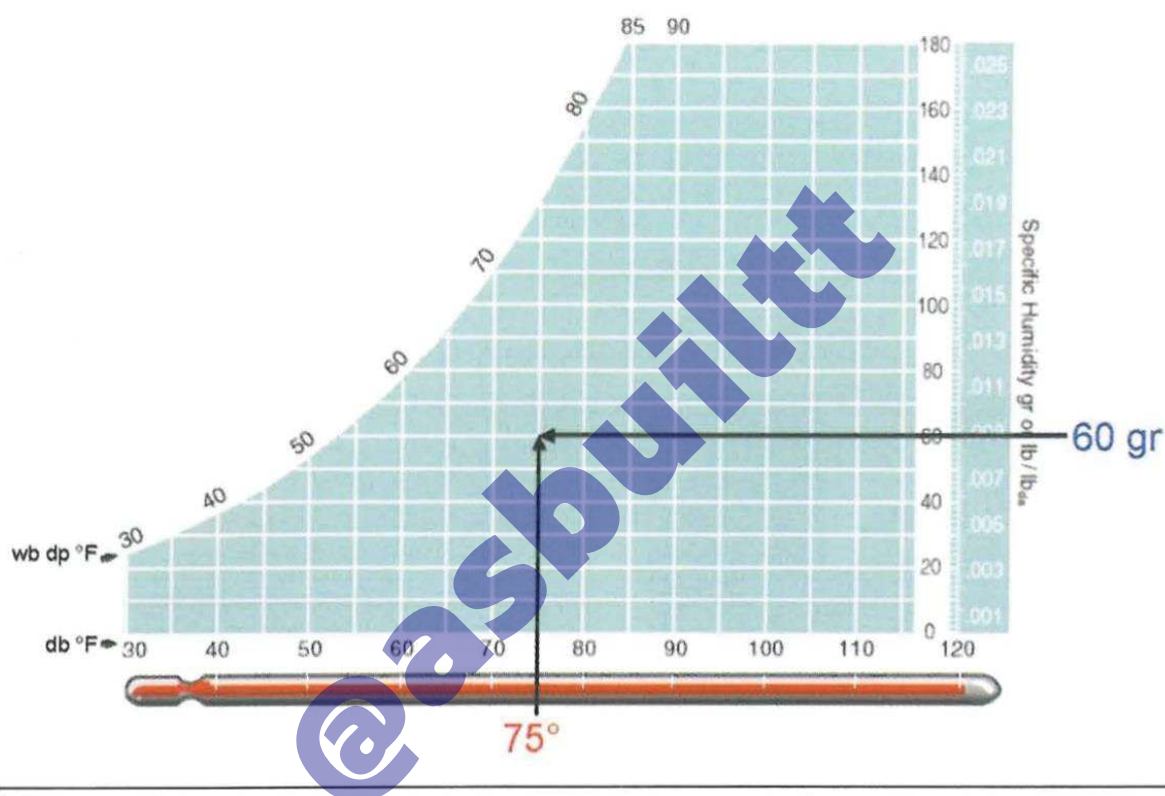


Figure 14

Locate a dry bulb and specific humidity point.