



1-1- در باره جدول بخار

در جدول بخار (جدول 1) ستونهایی دیده می شود که در هر کدام بعضی از موارد زیر درج شده است.

1- بخار اشباع Saturated steam

وقتی آب در یک فشار مشخص به نقطه جوش رسید، بخار حاصله را بخار اشباع گویند این بخار همواره در مجاور آب می باشد به طوری که با اندکی کاهش در نقطه جوش به مایع تبدیل می گردد و با اندکی افزایش در نقطه جوش آب به بخار تبدیل می گردد. نقطه جوش آب در فشارهای مختلف تفاوت می کند.

2- فشار مطلق و فشار نسبی

Absolute pressure & gauge pressure

فشار مطلق فشاری است که توسط فشار سنج نشان داده می شود و مقدار آن با احتساب فشار اتمسفر می باشد. فشار نسبی فشاری است که توسط هر فشارسنج نشان داده می شود که بدون احتساب فشار اتمسفر می باشد.

فشار اتمسفر + عدد فشار سنج = فشار مطلق
عدد فشار سنج = فشار نسبی

واحد فشار در سیستم B.S برابر psi می باشد و هر اتمسفر برابر 14.7psi است و در سیستم متریک bar یا kpa (کیلو پاسکال) می باشد و هر اتمسفر 1 بار یا 100kp است.

3- رابطه بین فشار و درجه حرارت بخار

بخار اشباع در هر فشاری دارای یک درجه حرارت معین است مثلاً در فشار 250psi همیشه 406°F درجه حرارت آن می باشد.

4- حرارت مایع (آب) یا حرارت محسوس Sensible Heat

(انتالپی آب - h_f Water)

در بعضی از جداول بخار به این قسمت Heat of saturated liquid می گویند. یعنی مقدار حرارتی (حرارت محسوس) که آب در فشار معینی گرفته تا از صفر درجه به نقطه جوش رسیده است.

(صفر درجه سانتیگراد و یا 32°F)

واحد انتالپی در سیستم B.S برابر Btu/lb و در سیستم متریک kJ/kg (کیلو ژول بر کیلوگرم) می باشد.

5- حرارت تبخیر آب یا حرارت نهان تبخیر Latent Heat

(انتالپی تبخیر h_{fg} Evaporation)

مقدار حرارتی است که یک پوند آب (یا یک کیلوگرم در سیستم متریک) را از نقطه جوش (در یک فشار معین) به یک پوند بخار اشباع تبدیل می کند.

6- حرارت بخار یا حرارت کل Total Heat

(انتالپی بخار h_g Steam)

مجموع حرارت های ردیف 4 و 5 را حرارت کل بخار گویند.

$$\text{Total Heat} = \text{Sensible Heat} + \text{Latent Heat}$$

این حرارت انرژی حرارتی بخار می باشد (انتالپی بخار) که در محاسبات بکار می رود.

نکته:

حرارت محسوس سبب افزایش درجه حرارت می گردد (آبی که می خواهد به نقطه جوش برسد)

حرارت نهان درجه حرارت را افزایش نمی دهد و فقط انرژی حرارتی را افزایش می دهد (آبی که به جوش آمد و به بخار تبدیل می شود)

حجم مخصوص Specific Volume

برابر است با مقدار حجمی که یک پوند بخار (یا یک کیلوگرم) در فشار مشخصی اشغال می کند. واحد آن در سیستم B.S برابر ft^3/lb و در سیستم متریک m^3/kg می باشد.

برای درک بهتر جدول بخار به توضیح زیر توجه کنید:

در فشار اتمسفر:

$$\boxed{\text{یک پوند آب در } 70^{\circ}\text{F}} + 140\text{Btu} = \boxed{\text{یک پوند آب در } 212^{\circ}\text{F}} + 970\text{Btu} = \boxed{\text{یک پوند بخار در } 212^{\circ}\text{F}}$$

همانطور که مشاهده می شود برای اینکه یک پوند آب در 70°F به یک پوند بخار در 212°F (نقطه جوش) برسد 140Btu حرارت لازم دارد (بازاء هر یک درجه حرارت افزایش 1Btu و در سیستم متریک 1cal) و آب در نقطه جوش 970Btu باید حرارت بگیرد تا تماماً تبدیل به یک پوند بخار در نقطه جوش 212°F شود.



در فشار 100psi مراحل کار به صورت زیر می باشد:

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{یک پوند آب} \\ 70^{\circ}\text{F} \\ \text{در} \end{array}} + 270^{\text{Btu}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{یک پوند آب} \\ 338^{\circ}\text{F} \\ \text{در} \end{array}} + 880^{\text{Btu}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{یک پوند بخار} \\ 338^{\circ}\text{F} \\ \text{در} \end{array}}$$

یعنی در فشار 100psi مقدار بیشتری حرارت و درجه حرارت بالاتری لازم است تا از یک پوند آب بخار تولید شود (هرچه فشار محیط بیشتر باشد نقطه جوش آب بالاتر است)



Steam Table 1 Imperial Units

	Pressure	Temperature	Sensible Heat	Latent Heat	Total Heat	Volume Dry Sat
		°F	Btu/lb	Btu/lb	Btu/lb	cu ft/lb
ins vacuum	15	179	147	991	1138	51.41
	10	192	160	983	1143	39.4
	5	203	171	976	1147	31.8
	0	212	180	971	1151	26.8
psig	1	215	183	969	1152	25.2
	3	221	190	964	1154	22.5
	5	227	196	961	1156	20.1
	7	232	201	958	1158	18.4
	9	237	206	954	1160	17.0
	11	241	210	951	1162	15.9
	13	246	214	949	1163	15.1
	15	250	218	946	1164	13.9
	17	253	222	943	1165	13.0
	19	257	226	941	1167	12.3
	21	260	229	939	1168	11.7
	23	264	233	937	1169	11.1
	25	267	236	935	1170	10.6
	27	270	239	932	1171	10.3
	29	273	242	931	1172	9.7
	31	275	244	929	1173	9.3
	33	278	247	927	1174	8.9
	35	281	250	925	1175	8.6
	37	283	252	923	1175	8.25
	39	286	255	921	1176	7.95
	41	288	257	920	1177	7.70
	43	290	260	918	1177	7.44
	45	292	262	916	1178	7.21
	47	295	264	915	1179	6.99
	49	297	266	913	1179	6.78
	51	299	268	912	1180	6.60
	53	300	270	910	1181	6.40
	55	303	272	909	1181	6.23
	60	308	278	905	1183	5.84
	65	312	282	902	1184	5.50
	70	316	287	898	1185	5.19
	75	320	290	896	1186	4.91
	80	324	295	892	1187	4.67
	85	327	298	890	1188	4.45
	90	331	302	887	1189	4.24
	95	335	305	884	1189	4.06
	100	338	309	882	1190	3.89
	105	341	312	879	1191	3.74
	110	344	316	876	1192	3.59
	115	347	319	874	1193	3.46
	120	350	322	872	1193	3.34
	125	353	325	869	1194	3.23
	130	356	328	867	1195	3.12
	135	358	330	865	1195	3.02
	140	361	333	862	1196	2.93
	145	363	336	860	1196	2.84
	150	366	339	858	1197	2.76
	155	368	341	856	1197	2.68
	160	371	344	854	1198	2.61
	165	373	346	852	1198	2.54
	170	375	348	850	1198	2.47
	175	377	351	848	1199	2.41
	180	380	353	846	1199	2.35
	185	382	355	844	1199	2.29
	190	384	358	842	1200	2.24
	195	386	360	840	1200	2.19
	200	388	362	838	1200	2.14
	205	390	364	837	1201	2.09
	210	392	366	835	1201	2.04
	215	394	368	833	1201	2.00
	220	395	370	831	1201	1.96
	225	397	372	830	1202	1.92
	230	399	374	828	1202	1.88
	235	401	376	826	1202	1.85
	245	404	380	822	1202	1.78
	255	408	383	819	1203	1.71
	265	411	387	816	1203	1.65
	275	414	391	813	1204	1.60
	285	417	394	810	1204	1.54
	295	420	397	807	1204	1.49
	305	423	400	804	1204	1.45
	315	426	404	801	1204	1.41
	325	429	407	798	1205	1.36
	335	432	410	795	1205	1.33
	345	434	413	792	1205	1.29
	355	437	416	790	1205	1.26
	365	440	419	787	1205	1.22
	375	442	421	784	1205	1.19
	385	445	424	781	1205	1.16
	395	447	427	779	1205	1.13



Steam Table 1 Metric Units

Pressure		Temperature °C	Specific Enthalpy			Specific Volume Steam m ³ /kg
bar	kPa		Water (h _f) kJ/kg	Evaporation (h _{fg}) kJ/kg	Steam (h _g) kJ/kg	
0.30	30.0	69.10	289.23	2336.1	2625.3	5.229
0.50	50.0	81.33	340.49	2305.4	2645.9	3.240
0.75	75.0	91.78	384.39	2278.6	2663.0	2.217
0.95	95.0	98.29	411.43	2261.8	2673.2	1.777
0	0	100.00	419.04	2257.0	2676.0	1.673
0.10	10.0	102.66	430.2	2250.2	2680.4	1.533
0.20	20.0	105.10	440.8	2243.4	2684.2	1.414
0.30	30.0	107.39	450.4	2237.2	2687.6	1.312
0.40	40.0	109.55	459.7	2231.3	2691.0	1.225
0.50	50.0	111.61	468.3	2225.6	2693.9	1.149
0.60	60.0	113.56	476.4	2220.4	2696.8	1.083
0.70	70.0	115.40	484.1	2215.4	2699.5	1.024
0.80	80.0	117.14	491.6	2210.5	2702.1	0.971
0.90	90.0	118.80	498.9	2205.6	2704.5	0.923
1.00	100.0	120.42	505.6	2201.1	2706.7	0.881
1.10	110.0	121.96	512.2	2197.0	2709.2	0.841
1.20	120.0	123.46	518.7	2192.8	2711.5	0.806
1.30	130.0	124.90	524.6	2188.7	2713.3	0.773
1.40	140.0	126.28	530.5	2184.8	2715.3	0.743
1.50	150.0	127.62	536.1	2181.0	2717.1	0.714
1.60	160.0	128.89	541.6	2177.3	2718.9	0.689
1.70	170.0	130.13	547.1	2173.7	2720.8	0.665
1.80	180.0	131.37	552.3	2170.1	2722.4	0.643
1.90	190.0	132.54	557.3	2166.7	2724.0	0.622
2.00	200.0	133.69	562.2	2163.3	2725.5	0.603
2.20	220.0	135.88	571.7	2156.9	2728.6	0.568
2.40	240.0	138.01	580.7	2150.7	2731.4	0.536
2.60	260.0	140.00	589.2	2144.7	2733.9	0.509
2.80	280.0	141.92	597.4	2139.0	2736.4	0.483
3.00	300.0	143.75	605.3	2133.4	2738.7	0.461
3.20	320.0	145.46	612.9	2128.1	2741.0	0.440
3.40	340.0	147.20	620.0	2122.9	2742.9	0.422
3.60	360.0	148.84	627.1	2117.8	2744.9	0.405
3.80	380.0	150.44	634.0	2112.9	2746.9	0.389
4.00	400.0	151.96	640.7	2108.1	2748.8	0.374
4.50	450.0	155.55	656.3	2096.7	2753.0	0.342
5.00	500.0	158.92	670.9	2086.0	2756.9	0.315
5.50	550.0	162.08	684.6	2075.7	2760.3	0.292
6.00	600.0	165.04	697.5	2066.0	2763.5	0.272
6.50	650.0	167.83	709.7	2056.8	2766.5	0.255
7.00	700.0	170.50	721.4	2047.7	2769.1	0.240
7.50	750.0	173.02	732.5	2039.2	2771.7	0.227
8.00	800.0	175.43	743.1	2030.9	2774.0	0.215
8.50	850.0	177.75	753.3	2022.9	2776.2	0.204
9.00	900.0	179.97	763.0	2015.1	2778.1	0.194
9.50	950.0	182.10	772.5	2007.5	2780.0	0.185
10.00	1000.0	184.13	781.6	2000.1	2781.7	0.177
10.50	1050.0	186.05	790.1	1993.0	2783.3	0.171
11.00	1100.0	188.02	798.8	1986.0	2784.8	0.163
11.50	1150.0	189.82	807.1	1979.1	2786.3	0.157
12.00	1200.0	191.68	815.1	1972.5	2787.6	0.151
12.50	1250.0	193.43	822.9	1965.4	2788.8	0.148
13.00	1300.0	195.10	830.4	1959.6	2790.0	0.141
13.50	1350.0	196.62	837.9	1953.2	2791.1	0.136
14.00	1400.0	198.35	845.1	1947.1	2792.2	0.132
14.50	1450.0	199.92	852.1	1941.0	2793.1	0.128
15.00	1500.0	201.45	859.0	1935.0	2794.0	0.124
15.50	1550.0	202.92	865.7	1928.8	2794.9	0.119
16.00	1600.0	204.38	872.3	1923.4	2795.7	0.117
17.00	1700.0	207.17	885.0	1912.1	2797.1	0.110
18.00	1800.0	209.90	897.2	1901.3	2798.5	0.105
19.00	1900.0	212.47	909.0	1890.5	2799.5	0.100
20.00	2000.0	214.96	920.3	1880.2	2800.5	0.0949
21.00	2100.0	217.35	931.3	1870.1	2801.4	0.0906
22.00	2200.0	219.65	941.9	1860.1	2802.0	0.0868
23.00	2300.0	221.85	952.2	1850.4	2802.6	0.0832
24.00	2400.0	224.02	962.2	1840.9	2803.1	0.0797
25.00	2500.0	226.12	972.1	1831.4	2803.5	0.0768
26.00	2600.0	228.15	981.6	1822.2	2803.8	0.0740
27.00	2700.0	230.14	990.7	1813.3	2804.0	0.0714