

1) Найти среднюю массовую теплоёмкость c угарного газа CO при температуре $t = 760^\circ C$ и постоянном давлении.

Если известны две точки $P_1(x_1; y_1)$ и $P_2(x_2; y_2)$, то, используя линейную интерполяцию, произвольную точку $P(x; y)$ внутри отрезка P_1P_2 найдём по формуле

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

Здесь $P(t; c)$, где P - точка в системе координат $(t; c)$,

t - температура, $^\circ C$,

c - теплоёмкость газа, $кДж/(кг \cdot K)$.

Сделаем выписку из таблицы:

$t_1 = 700$	$c_1 = 1,0978$
$t_2 = 800$	$c_2 = 1,1091$

Тогда

$$P_1(700; 1,0978)$$

$$P_2(800; 1,1091)$$

$$P(760; c)$$

и

$$\frac{760 - 700}{800 - 700} = \frac{c - 1,0978}{1,1091 - 1,0978}$$

$$\frac{60}{100} = \frac{c - 1,0978}{0,0113}$$

$$\frac{3}{5} = \frac{c - 1,0978}{0,0113}$$

$$5c - 5,489 = 0,0339$$

$$5c = 5,5229$$

$$c = 1,10458 \approx 1,1046$$

Ответ: $c(760^\circ C) \approx 1,1046$ $кДж/(кг \cdot K)$

2) Найти плотность воды ρ при $t = 103^\circ C$ на линии насыщения.

Здесь $P(t; \rho)$, где P - точка в системе координат $(t; \rho)$,

t - температура, $^\circ C$,

ρ - плотность жидкости, $кг/м^3$.

Сделаем выписку из таблицы:

$t_1 = 100$	$\rho_1 = 958,3$
$t_2 = 120$	$\rho_2 = 943,1$

Тогда

$$P_1(100 ; 958,3)$$

$$P_2(120 ; 943,1)$$

$$P(103 ; \rho)$$

и

$$\frac{103 - 100}{120 - 100} = \frac{\rho - 958,3}{943,1 - 958,3}$$

$$\frac{3}{20} = \frac{\rho - 958,3}{-15,2}$$

$$20\rho - 19166 = -45,6$$

$$20\rho = 19120,4$$

$$\rho = 956,02 \approx 956,0$$

Ответ: $\rho(103^\circ C) \approx 956,0 \text{ кг/м}^3$

3) Найти энтальпию газа h при $t = 164^\circ C$ и давлении $p = 440$ кПа.

Если известны две точки $P_1(x_1; y_1; z_1)$ и $P_2(x_2; y_2; z_2)$, то, используя линейную интерполяцию, произвольную точку $P(x; y; z)$ внутри отрезка P_1P_2 найдём по формуле

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{z-z_1}{z_2-z_1}$$

Здесь $P(t; p; h)$, где P - точка в системе координат $(t; p; h)$,

t - температура, $^\circ C$,
 p - давление газа, кПа,
 h - энтальпия, кДж/моль.

Энтальпия (тепловая функция Гиббса, теплосодержание) - термодинамический потенциал, характеризующий состояние системы в термодинамическом равновесии при выборе в качестве основных независимых переменных давления, энтропии и числа частиц.

Сделаем выписку из таблицы:

	$p_1 = 400$	$p_2 = 500$
$t_1 = 160$	$h_1 = 2775,0$	
$t_2 = 170$		$h_2 = 2789,9$

Тогда

$$P_1(160; 400; 2775,0)$$

$$P_2(170; 500; 2789,9)$$

$$P(164; 440; h)$$

и

$$\frac{164-160}{170-160} = \frac{440-400}{500-400} = \frac{h-2775,0}{2789,9-2775,0}$$

$$\frac{4}{10} = \frac{40}{100} = \frac{h-2775}{14,9}$$

- исходные данные - температура $t = 164^\circ C$ и давление $p = 440$ кПа не противоречат использованию линейной интерполяции, поэтому продолжим вычисления далее. Также заметим, что исходные данные избыточны, т.к. достаточно было указать только лишь температуру или только давление.

$$\frac{h-2775}{14,9} = \frac{2}{5}$$

$$5h - 13875 = 29,8$$

$$5h = 13904,8$$

$$h = 2780,96 \approx 2781,0$$

Ответ: $h(164^\circ C; 440 \text{ кПа}) \approx 2781,0$ кДж/моль.

Таблица к задаче 1:

Средняя массовая теплоемкость газов при постоянном давлении от $t^{\circ}\text{C}$ до $t^{\circ}\text{C}$ $c_{p,m}$, кДж/(кг·К)

$t, ^{\circ}\text{C}$	O_2	N_2	CO	CO_2	H_2O	Воздух
0	0,9148	1,0392	1,0396	0,8148	1,8594	1,0036
100	0,9232	1,0404	1,0417	0,8658	1,8728	1,0061
200	0,9353	1,0434	1,0463	0,9102	1,8937	1,0115
300	0,9500	1,0488	1,0538	0,9487	1,9192	1,0191
400	0,9651	1,0567	1,0634	0,9877	1,9477	1,0283
500	0,9793	1,0660	1,0748	1,0128	1,9778	1,0387
600	0,9927	1,0760	1,0861	1,0396	2,0092	1,0496
700	1,0048	1,0859	1,0978	1,0639	2,0419	1,0605
800	1,0157	1,0974	1,1091	1,0852	2,0754	1,0710
900	1,0258	1,1078	1,1200	1,1045	2,1097	1,0815
1000	1,0350	1,1179	1,1304	1,1225	2,1436	1,0907
1100	1,0434	1,1271	1,1401	1,1384	2,1771	1,0999
1200	1,0509	1,1359	1,1493	1,1530	2,2106	1,1082
1300	1,0580	1,1447	1,1577	1,1660	2,2429	1,1166
1400	1,0647	1,1526	1,1656	1,1782	2,2743	1,1242
1500	1,0714	1,1602	1,1731	1,1895	2,3048	1,1313
1600	1,0773	1,1673	1,1798	1,1995	2,3346	1,1380
1700	1,0831	1,1736	1,1865	1,2091	2,3630	1,1443
1800	1,0886	1,1798	1,1924	1,2179	2,3907	1,1501
1900	1,0940	1,1857	1,1983	1,2259	2,4166	1,1560
2000	1,0990	1,1911	1,2033	1,2334	2,4422	1,1610
2100	1,1041	1,1956	1,2083	1,2405	2,4664	1,1664
2200	1,1087	1,2012	1,2129	1,2468	2,4895	1,1710
2300	1,1137	1,2058	1,2175	1,2531	2,5121	1,1757
2400	1,1183	1,2104	1,2217	1,2586	2,5334	1,1803
2500	1,1229	1,2142	1,2259	1,2636	2,5544	1,1840

Таблица к задаче 2:

Физические свойства воды на линии насыщения

$t, ^{\circ}\text{C}$	p , бар	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/кг·К	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/м·К	$\mu \cdot 10^6$, Н·с/м ² =Па·с	$\beta \cdot 10^4$, 1/К	Pr
температура	давление	плотность	изобарная теплоемкость	коэффициент теплопроводности	коэффициент динамической вязкости	температурный коэффициент объемного расширения	Критерий Прандтля
0	1,013	999,9	4,21	55,1	1788	-0,63	13,67
20	1,013	998,2	4,183	59,9	1004	1,82	7,02
40	1,013	992,2	4,174	63,5	653,3	3,87	4,31
60	1,013	983,2	4,179	65,9	469,4	5,11	2,98
80	1,013	971,8	4,195	67,4	355,1	6,32	2,21
100	1,013	958,3	4,220	68,3	282,5	7,52	1,75
120	1,98	943,1	4,250	68,6	237,4	8,64	1,47
140	3,61	926,1	4,287	68,5	201,1	9,72	1,26
160	6,18	907,4	4,346	68,3	173,4	10,7	1,10
180	10,03	886,9	4,417	67,4	153,0	11,9	1,00
200	15,55	863,0	4,505	66,3	136,4	13,3	0,93
220	23,20	840,3	4,614	64,5	124,6	14,8	0,89
240	33,48	813,6	4,756	62,8	114,8	16,8	0,87
260	46,94	784,0	4,949	60,5	105,9	19,7	0,87
280	64,19	750,7	5,230	57,4	98,1	23,7	0,90
300	85,92	712,5	5,736	54,0	91,2	29,2	0,97

Таблица к задаче 3:

t	p = 400 кПа			p = 500 кПа		
	$t_s = 143,02$ $v' = 0,0010830; v'' = 0,43242;$ $h' = 604,7; h'' = 2738,5;$ $s' = 1,7764; s'' = 6,8936$			$t_s = 151,85$ $v' = 0,0010328; v'' = 0,37481;$ $h' = 640,1; h'' = 2748,5;$ $s' = 1,9601; s'' = 6,8215$		
	v	h	s	v	h	s
0	0,0010000	0,4	0,0001	0,0010000	0,5	-0,0001
10	0,0010001	42,4	0,1510	0,0010000	42,5	0,1509
20	0,0010015	84,2	0,2962	0,0010015	84,3	0,2962
30	0,0010041	126,0	0,4364	0,0010041	126,1	0,4364
40	0,0010076	167,8	0,5720	0,0010076	167,9	0,5719
50	0,0010119	209,6	0,7033	0,0010119	209,7	0,7033
60	0,0010170	251,4	0,8308	0,0010169	251,5	0,8307
70	0,0010227	293,3	0,9546	0,0010226	293,4	0,9545
80	0,0010290	335,2	1,0750	0,0010390	335,3	1,0750
90	0,0010360	377,2	1,1923	0,0010359	377,3	1,1922
100	0,0010436	419,3	1,3066	0,0010435	419,4	1,3066
110	0,0010517	461,5	1,4183	0,0010517	461,6	1,4182
120	0,0010605	503,9	1,5274	0,0010605	503,9	1,5273
130	0,0010699	546,4	1,6342	0,0010699	546,5	1,6341
140	0,0010800	589,1	1,7389	0,0010800	589,2	1,7388
150	0,4708	2752,9	6,9308	0,0010908	632,2	1,8416
160	0,4839	2775,0	6,9825	0,3836	2767,4	6,8653
170	0,4967	2796,8	7,0322	0,3942	2789,9	6,9169
180	0,5094	2818,3	7,0802	0,4046	2812,1	6,9664
190	0,5219	2839,5	7,1265	0,4148	2832,9	7,0141
200	0,5343	2860,6	7,1715	0,4249	2855,4	7,0603
210	0,5466	2881,5	7,2152	0,4349	2876,8	7,1047
220	0,5588	2902,2	7,2577	0,4449	2897,9	7,1481
230	0,5710	2922,9	7,2993	0,4548	2918,9	7,1903
240	0,5831	2943,5	7,3398	0,4646	2939,9	7,2314
250	0,5952	2964,1	7,3795	0,4744	2960,7	7,2716
260	0,6071	2984,6	7,4184	0,4841	2981,4	7,3109
270	0,6191	3005,2	7,4565	0,4938	3002,1	7,3494
280	0,6311	3025,7	7,4939	0,5034	3022,8	7,3871
290	0,6430	3046,2	7,5307	0,5130	3043,5	7,4242