

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра физики

ФРОНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

по дисциплине «Техническая термодинамика»

Часть 1. Идеальный газ

для студентов специальности

1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция

и охрана воздушного бассейна»

дневной формы обучения

Брест 2010

УДК 621.1.016.7

Методическое пособие предназначено для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогасоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» дневной формы обучения, изучающих дисциплину «Техническая термодинамика». Содержат ряд фронтальных задач для решения на практических занятиях или для самостоятельной работы студентов. Часть 1 включает в себя задачи для идеальных газов по основным темам: уравнение состояния идеального газа, изопроцессы, энтальпия, теплоёмкость газа, первое начало термодинамики, энтропия, второе начало термодинамики, КПД циклических процессов.

Издаётся в 2 частях. Часть 1.

Составитель: Т.Л. Кушнер, к. ф.-м. н., доцент

Тема 1. Уравнение состояния идеального газа

Задание 1.1. Газ имеет следующие параметры состояния: удельный объём v , абсолютное давление p , абсолютную температуру T . Определите:

- неизвестную величину согласно номеру варианта;
- плотность газа;
- газовую постоянную;
- молярную массу газа;
- массу газа, содержащуюся в количестве ν моль;
- объём, занимаемый газом в количестве ν моль.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Газ (химическая формула)	ν , моль	v , м ³ /кг	p , Па	T , К
1	?	0,1	8,547	$8,0 \cdot 10^3$	230
2	Водород (H ₂)	0,2	?	$2,3 \cdot 10^2$	450
3	Аргон (Ar)	0,3	0,748	?	360
4	Криптон (Kr)	0,4	0,290	$2,0 \cdot 10^5$?
5	?	0,5	0,242	$5,0 \cdot 10^5$	1222
6	Азот (N ₂)	0,6	?	$2,2 \cdot 10^5$	440
7	Кислород (O ₂)	0,7	52,632	?	200
8	Гелий (He)	0,8	41,667	$1,5 \cdot 10^4$?
9	?	0,9	0,277	$3,0 \cdot 10^3$	400
10	Аммиак (NH ₃)	1,0	?	$1,0 \cdot 10^4$	400
11	Углекислый газ (CO ₂)	1,1	0,378	?	500
12	Водород (H ₂)	1,2	20,833	$5,0 \cdot 10^4$?
13	?	1,3	4,167	$2,1 \cdot 10^2$	420
14	Азот (N ₂)	1,4	?	$1,7 \cdot 10^2$	340
15	Неон (Ne)	1,5	8,696	?	210
16	Кислород (O ₂)	1,6	0,260	$5,0 \cdot 10^5$?
17	?	1,7	5,319	$2,5 \cdot 10^5$	320
18	Аммиак (NH ₃)	1,8	?	$2,0 \cdot 10^4$	450
19	Гелий (He)	1,9	1,912	?	460
20	Углекислый газ (CO ₂)	2,0	9,434	$4,0 \cdot 10^3$?
21	?	2,1	0,312	$4,0 \cdot 10^2$	480
22	Азот (N ₂)	2,2	?	$2,0 \cdot 10^3$	240
23	Водород (H ₂)	2,3	25,000	?	300
24	Неон (Ne)	2,4	0,267	$7,0 \cdot 10^3$?
25	?	2,5	18,182	$5,0 \cdot 10^3$	220
26	Гелий (He)	2,6	?	$2,1 \cdot 10^2$	420
27	Кислород (O ₂)	2,7	0,519	?	380
28	Аргон (Ar)	2,8	0,330	$2,2 \cdot 10^2$?

Задание 1.2. Газ находится под давлением p при температуре T . Концентрация молекул газа равна n . Определите:

- неизвестную величину согласно номеру варианта;
- плотность газа;
- удельный объём газа;
- газовую постоянную;
- среднюю кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы;
- среднеквадратичную скорость движения одной молекулы газа.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Газ (химическая формула)	p , Па	T , К	n , M^{-3}
1	Кислород (O_2)	?	220	$2,635 \cdot 10^{25}$
2	Азот (N_2)	$2,5 \cdot 10^5$?	$5,18 \cdot 10^{25}$
3	Гелий (He)	$4,0 \cdot 10^5$	450	?
4	Аргон (Ar)	?	250	$1,45 \cdot 10^{24}$
5	Водород (H_2)	$1,5 \cdot 10^5$?	$3,62 \cdot 10^{25}$
6	Окись углерода (CO)	$1,0 \cdot 10^4$	250	?
7	Углекислый газ (CO_2)	?	400	$5,43 \cdot 10^{25}$
8	Сернистый газ (SO_2)	$8,0 \cdot 10^4$?	$2,15 \cdot 10^{25}$
9	Метан (CH_4)	$1,0 \cdot 10^3$	230	?
10	Этилен (C_2H_4)	?	380	$5,70 \cdot 10^{25}$
11	Аммиак (NH_3)	$1,5 \cdot 10^5$?	$2,72 \cdot 10^{25}$
12	Водяной пар (H_2O)	$1,0 \cdot 10^4$	260	?
13	Неон (Ne)	?	280	$1,30 \cdot 10^{25}$
14	Криптон (Kr)	$1,0 \cdot 10^5$?	$1,40 \cdot 10^{25}$
15	Кислород (O_2)	$1,0 \cdot 10^3$	220	?
16	Азот (N_2)	?	360	$4,03 \cdot 10^{25}$
17	Гелий (He)	$2,0 \cdot 10^5$?	$4,26 \cdot 10^{25}$
18	Аргон (Ar)	$8,0 \cdot 10^3$	250	?
19	Водород (H_2)	?	270	$1,34 \cdot 10^{25}$
20	Окись углерода (CO)	$4,0 \cdot 10^2$?	$5,80 \cdot 10^{25}$
21	Углекислый газ (CO_2)	$5,0 \cdot 10^3$	240	?
22	Сернистый газ (SO_2)	?	370	$5,50 \cdot 10^{25}$
23	Метан (CH_4)	$1,0 \cdot 10^5$?	$2,41 \cdot 10^{25}$
24	Этилен (C_2H_4)	$3,0 \cdot 10^4$	300	?
25	Аммиак (NH_3)	?	600	$3,00 \cdot 10^{25}$
26	Водяной пар (H_2O)	$1,0 \cdot 10^5$?	$2,20 \cdot 10^{25}$
27	Неон (Ne)	$3,0 \cdot 10^3$	250	?
28	Криптон (Kr)	?	400	$9,06 \cdot 10^{24}$

Тема 2. Уравнение состояния для смеси идеальных газов

Задание 2.1. Сосуд объёмом V заполнен газовой смесью. Масса первого компонента смеси – m_1 , масса второго компонента – m_2 . Смесь находится под давлением p при температуре T . Определите:

- неизвестную величину согласно номеру варианта;
- массовые доли каждого компонента смеси;
- мольные доли каждого компонента смеси;
- парциальные давления отдельных компонентов смеси;
- приведенные объёмы каждого компонента;
- объёмные доли каждого компонента смеси.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Первый газ	Второй газ	m_1 , г	m_2 , г	V , M^3	p , Па	T , К
1	O_2	Kr	?	24	$6,23 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^5$	310
2	H_2	Ne	8	14	?	$4,0 \cdot 10^3$	200
3	Ar	H_2	20	10	$9,14 \cdot 10^{-2}$?	420
4	He	Ne	12	10	$5,82 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^5$?

№ вар-та	Первый газ	Второй газ	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$V, \text{м}^3$	$p, \text{Па}$	$T, \text{К}$
5	Kr	N ₂ O	12	?	$1,66 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^5$	380
6	H ₂ O	Ne	9	5	?	$2,0 \cdot 10^2$	400
7	He	N ₂	16	14	0,748	?	260
8	He	O ₂	12	16	0,582	$1,4 \cdot 10^4$?
9	Ne	Ar	?	20	0,415	$4,8 \cdot 10^3$	240
10	CO ₂	H ₂ O	11	18	?	$7,0 \cdot 10^5$	350
11	N ₂	Ar	7	10	$8,31 \cdot 10^{-3}$?	440
12	H ₂	He	8	8	0,5	$2,5 \cdot 10^4$?
13	O ₂	CO ₂	8	?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^5$	300
14	N ₂ O	H ₂	22	20	?	$4,4 \cdot 10^3$	220
15	H ₂	Kr	6	6	$2,7 \cdot 10^{-2}$?	460
16	Ar	CO ₂	20	22	$8,31 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^3$?
17	N ₂ O	He	?	16	0,125	$9,6 \cdot 10^4$	320
18	N ₂	O ₂	14	16	?	$7,5 \cdot 10^3$	250
19	Kr	Ne	6	5	$4,15 \cdot 10^{-3}$?	390
20	H ₂ O	He	18	20	0,1	$2,25 \cdot 10^2$?
21	He	CO ₂	20	?	0,25	$5,6 \cdot 10^4$	280
22	N ₂ O	Ar	11	10	?	$4,5 \cdot 10^6$	450
23	N ₂	Kr	7	12	$1,25 \cdot 10^{-2}$?	340
24	O ₂	H ₂ O	8	9	$6,23 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^2$?
25	H ₂	CO ₂	?	11	$7,06 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^3$	350
26	Ne	O ₂	5	8	?	$2,15 \cdot 10^3$	430
27	O ₂	Ar	4	5	$2,08 \cdot 10^{-2}$?	230
28	H ₂ O	N ₂ O	9	11	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^2$?

Задание 2.2. В сосуде находится бинарная смесь. Процентные содержания первого и второго газа (массовые доли компонентов) равны соответственно g_1 и g_2 . Определите:

- неизвестную величину согласно номеру варианта;
- удельный объём и плотность смеси;
- мольные доли компонентов смеси;
- газовую постоянную смеси;
- газовую постоянную каждого компонента смеси;
- кажущуюся молекулярную массу смеси.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Первый газ	Второй газ	$g_1, \%$	$g_2, \%$	$p, \text{Па}$	$T, \text{К}$
1	Углекислый газ	Азот	10	?	$5,0 \cdot 10^2$	400
2	Водород	Аргон	?	15	$4,0 \cdot 10^5$	390
3	Гелий	Кислород	20	?	$3,0 \cdot 10^3$	380
4	Углекислый газ	Неон	?	25	$2,0 \cdot 10^5$	370
5	Азот	Кислород	30	?	$1,0 \cdot 10^2$	360
6	Кислород	Углекислый газ	?	35	$1,5 \cdot 10^2$	350
7	Кислород	Водяной пар	40	?	$2,5 \cdot 10^5$	340
8	Углекислый газ	Азот	?	45	$3,5 \cdot 10^5$	330
9	Водород	Аргон	50	?	$4,5 \cdot 10^3$	320
10	Гелий	Кислород	?	55	$5,3 \cdot 10^2$	310
11	Углекислый газ	Неон	60	?	$1,2 \cdot 10^2$	300

№ вар-та	Первый газ	Второй газ	$g_1, \%$	$g_2, \%$	$p, \text{Па}$	$T, \text{К}$
12	Азот	Кислород	?	65	$2,3 \cdot 10^5$	290
13	Кислород	Углекислый газ	70	?	$3,4 \cdot 10^5$	280
14	Кислород	Водяной пар	?	75	$4,1 \cdot 10^5$	275
15	Углекислый газ	Азот	80	?	$5,1 \cdot 10^5$	285
16	Водород	Аргон	?	85	$4,2 \cdot 10^5$	295
17	Гелий	Кислород	90	?	$3,3 \cdot 10^5$	305
18	Углекислый газ	Неон	?	95	$2,4 \cdot 10^5$	315
19	Азот	Кислород	5	?	$1,1 \cdot 10^5$	325
20	Кислород	Углекислый газ	?	10	$2,2 \cdot 10^5$	335
21	Кислород	Водяной пар	15	?	$3,5 \cdot 10^5$	345
22	Углекислый газ	Азот	?	20	$4,4 \cdot 10^5$	355
23	Водород	Аргон	25	?	$5,5 \cdot 10^5$	365
24	Гелий	Кислород	?	30	$1,3 \cdot 10^5$	375
25	Углекислый газ	Неон	35	?	$2,1 \cdot 10^5$	385
26	Азот	Кислород	?	40	$3,1 \cdot 10^5$	395
27	Кислород	Углекислый газ	45	?	$4,3 \cdot 10^5$	405
28	Кислород	Водяной пар	?	50	$5,2 \cdot 10^5$	410

Тема 3. Изопроцессы

Задание 3.1. Газ совершает замкнутый цикл. В некоторых состояниях параметры газа (удельный объём v , абсолютное давление p) известны. Определите:

- абсолютную температуру во всех точках цикла;
 - удельный объём v в тех точках цикла, где он неизвестен;
 - абсолютное давление p в тех точках цикла, где оно неизвестно;
 - нарисуйте на миллиметровой бумаге описанный цикл в p, v – координатах;
 - нарисуйте на миллиметровой бумаге описанный цикл в p, T и v, T – координатах.
- Примечание: численные данные, приведённые в данной задаче, не проверялись с точки зрения их технической и физической реальности для соответствующего газа. При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Описание цикла	Формула газа	$p_1, 10^5 \text{ Па}$	$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	$v_2, \text{ м}^3/\text{кг}$	$p_3, 10^5 \text{ Па}$
1	1-2 – изотерма;	O_2	3,0	0,393	0,459	2,0
2	2-3 – изохора;	N_2	1,5	0,786	1,048	1,0
3	3-4 – изотерма;	He	1,0	0,917	0,983	0,75
4	4-1 – изохора.	Ar	1,8	0,852	0,983	1,2
			$p_1, 10^5 \text{ Па}$	$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	$p_3, 10^5 \text{ Па}$	$v_3, \text{ м}^3/\text{кг}$
5	1-2 – изобара;	H_2	1,4	0,459	1,0	1,048
6	2-3 – изотерма;	CO	1,6	0,524	1,3	0,983
7	3-4 – изобара;	CO_2	1,5	0,459	1,1	1,048
8	4-1 – изотерма.	SO_2	1,3	0,590	1,0	1,179
			$p_1, 10^5 \text{ Па}$	$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	$p_2, 10^5 \text{ Па}$	$v_3, \text{ м}^3/\text{кг}$
9	1-2 – изохора;	CH_4	3,1	1,048	2,0	0,393
10	2-3 – изотерма;	C_2H_4	1,6	0,983	1,0	0,786
11	3-4 – изохора;	NH_3	1,1	1,048	0,75	0,917
12	4-1 – изотерма.	H_2O	1,9	1,179	1,2	0,852
			$p_1, 10^5 \text{ Па}$	$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	$p_2, 10^5 \text{ Па}$	$v_3, \text{ м}^3/\text{кг}$
13	1-2 – изотерма;	Ne	1,5	0,459	3,0	0,393
14	2-3 – изобара;	Kr	1,7	1,048	1,5	0,786

№ вар-та	Описание цикла	Формула газа	$p_1, 10^5 \text{ Па}$	$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	$v_2, \text{ м}^3/\text{кг}$	$p_3, 10^5 \text{ Па}$
15	3-4 – изотерма;	O_2	1,6	0,983	1,0	0,917
16	4-1 – изобара.	N_2	1,4	0,983	1,8	0,852
			$p_1, 10^5 \text{ Па}$	$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	$v_2, \text{ м}^3/\text{кг}$	$p_3, 10^5 \text{ Па}$
17	1-2 – изобара;	He	2,9	0,459	1,048	1,0
18	2-3 – изохора;	Ar	1,8	0,524	0,983	0,8
19	3-4 – изотерма;	H_2	9,0	0,459	0,825	9,5
20	4-1 – изохора.	CO	1,7	0,590	1,179	0,8
			$p_1, 10^5 \text{ Па}$	$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	$p_2, 10^5 \text{ Па}$	$v_3, \text{ м}^3/\text{кг}$
21	1-2 – изохора;	CO_2	3,0	0,459	1,3	0,393
22	2-3 – изобара;	SO_2	1,5	0,524	1,1	0,768
23	3-4 – изотерма;	CH_4	2,0	0,983	2,4	0,617
24	4-1 – изобара.	C_2H_4	1,1	0,983	0,9	0,882
			$p_1, 10^5 \text{ Па}$	$v_1, \text{ м}^3/\text{кг}$	$p_2, 10^5 \text{ Па}$	$v_3, \text{ м}^3/\text{кг}$
25	1-2 – изотерма;	NH_3	2,0	0,942	3,2	0,493
26	2-3 – изобара;	H_2O	2,0	0,786	1,7	0,983
27	3-4 – изотерма;	Ne	0,75	2,048	1,2	1,148
28	4-1 – изохора.	Kr	1,2	0,293	1,5	0,218

Тема 4. Энтальпия. Внутренняя энергия газов

Задание 4.1. Газ имеет массу m и находится при абсолютной температуре T . Определите:

- удельную внутреннюю энергию газа;
- внутреннюю энергию газа массой m ;
- произведение абсолютного давления газа на его удельный объём;
- удельную энтальпию газа;
- энтальпию газа массой m .

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Газ	Формула газа	$m, \text{ г}$	$T, \text{ К}$
1	Аргон	Ar	5	350
2	Криптон	Kr	10	340
3	Водород	H_2	15	330
4	Углекислый газ	CO_2	20	320
5	Кислород	O_2	8	500
6	Водяной пар	H_2O	16	480
7	Азот	N_2	24	460
8	Неон	Ne	32	440
9	Воздух	—	12	400
10	Криптон	Kr	14	380
11	Сернистый газ	SO_2	16	360
12	Аргон	Ar	18	340
13	Кислород	O_2	2	300
14	Неон	Ne	4	320
15	Водород	H_2	6	340
16	Водяной пар	H_2O	8	360
17	Углекислый газ	CO_2	10	450
18	Азот	N_2	20	430
19	Воздух	—	30	410
20	Гелий	He	40	390
21	Сернистый газ	SO_2	4	250

№ вар-та	Газ	Формула газа	m , г	T , К
22	Азот	N_2	8	270
23	Кислород	O_2	12	290
24	Криптон	Kr	16	310
25	Гелий	He	6	550
26	Воздух	—	12	500
27	Водород	H_2	18	450
28	Углекислый газ	CO_2	24	400

Задание 4.2. В закрытом сосуде находится бинарная смесь газов. Масса первого компонента смеси – m_1 , масса второго компонента – m_2 . При изменении температуры смеси на ΔT её внутренняя энергия изменяется на ΔU . Определите:

- а) неизвестную величину согласно номеру варианта;
- б) изменение внутренней энергии, приходящееся на один моль смеси;
- в) изменение энтальпии;
- г) изменение энтальпии, приходящееся на один моль смеси.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Первый газ	Второй газ	m_1 , г	m_2 , г	ΔT , К	ΔU , Дж
1	Кислород	Углекислый газ	?	11	-30	-342,8
2			4	?	58	463,7
3			3	4	?	243,2
4			12	22	44	?
5	Азот	Кислород	?	8	52	645,5
6			14	?	40	441,5
7			7	4	?	-467,4
8			3,5	3,2	-28	?
9	Неон	Воздух	?	8,8	34	381,4
10			5	?	-50	-269,1
11			4	4,4	?	199,4
12			10	11	64	?
13	Кислород	Водяной пар	?	4,5	22	194,2
14			6,4	?	60	997,2
15			8	4,5	?	-228,5
16			16	18	-36	?
17	Гелий	Кислород	?	2,4	-46	-238,9
18			4	?	24	382,3
19			8	6	?	903,7
20			2	4	-32	?
21	Аргон	Водород	?	4	54	2327,8
22			8	?	-20	-1296,4
23			4	2	?	1541,5
24			10	8	-42	?
25	Азот	Углекислый газ	?	11	38	434,2
26			14	?	-56	-1279,7
27			5,6	4	?	-321,1
28			7	8,8	26	?

Тема 5. Теплоёмкость газа. Количество теплоты.

Задание 5.1. Газ имеет теплоёмкости при постоянном давлении – c_p и при постоянном объёме – c_v . Отношение теплоёмкостей $c_p/c_v = k$. Газ имеет массу m , молярную массу μ . Молекулы газа обладают числом степеней свободы, равным i .

Определите:

- а) неизвестные величины согласно номеру варианта;
- б) название газа по значению его молярной массы;
- в) теплоёмкости газа массой m при постоянном давлении и при постоянном объёме;
- г) молярные теплоёмкости газа при постоянном давлении и при постоянном объёме;
- д) удельные количества теплоты, подводимые к газу, при нагревании его на ΔT при постоянном давлении и при постоянном объёме;
- е) количества теплоты, необходимые для нагревания газа массой m на ΔT постоянном давлении и при постоянном объёме.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

Считайте теплоёмкость газа в заданном интервале температур постоянной.

Номер вар-та	c_v , Дж/(кг·К)	c_p , Дж/(кг·К)	k	$\mu \cdot 10^{-3}$, кг/моль	i	m , г	ΔT , К
1	?	?	1,667	4	?	8	5
2	?	1846,6	1,333	?	?	9	10
3	649,2	?	?	?	5	48	15
4	?	?	?	20	3	10	20
5	566,6	?	1,333	?	?	88	25
6	?	1846,6	?	18	?	27	30
7	?	1038,75	?	?	5	14	35
8	?	1038,75	1,667	?	?	40	40
9	148,74	247,9	?	?	?	42	45
10	10387,5	?	1,4	?	?	4	50
11	566,6	?	?	44	?	22	55
12	311,6	?	?	?	3	10	60
13	?	755,5	1,333	?	?	66	65
14	?	1038,75	?	28	?	7	70
15	?	1038,75	?	20	?	30	5
16	?	14542,5	?	?	5	10	10
17	?	?	1,4	32	?	48	15
18	3116,0	?	1,667	?	?	12	20
19	?	?	?	44	6	11	25
20	10387,5	?	?	?	5	8	30
21	?	?	1,333	18	?	36	35
22	?	908,9	1,4	?	?	16	40
23	566,6	?	?	?	6	22	45
24	?	?	?	40	3	20	50
25	742,0	1038,75	?	?	?	4	55
26	1385,0	?	?	?	6	6	60
27	?	?	?	2	5	6	65
28	?	5194,0	?	4	?	6	70

Задание 5.2. Смесь двух газов имеет массу m . Массовые доли компонентов равны соответственно g_1 и g_2 . Определите:

- а) удельную теплоёмкость смеси при постоянном объёме c_v ;
- б) удельную теплоёмкость смеси при постоянном давлении c_p ;
- в) теплоёмкости смеси при постоянном давлении и при постоянном объёме;
- г) молярные теплоёмкости смеси при постоянн. давлении и при постоянн. объёме;
- д) удельные количества теплоты, подводимые к смеси, при нагревании её на ΔT при постоянном давлении и при постоянном объёме;
- е) количества теплоты, необходимые для нагревания смеси на ΔT постоянном давлении и при постоянном объёме.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.
Считайте теплоемкость газов в заданном интервале температур постоянной.

№ вар-та	Первый газ	Второй газ	$g_1, \%$	$g_2, \%$	$m, \text{г}$	$\Delta T, \text{К}$
1	Неон	Водород	80	20	10	70
2			60	40	20	65
3			40	60	30	60
4			20	80	40	55
5	Аргон	Кислород	10	90	50	50
6			30	70	60	45
7			70	30	70	40
8			90	10	80	35
9	Гелий	Кислород	85	15	90	30
10			65	35	10	25
11			45	55	20	20
12			25	75	30	15
13	Азот	Водород	20	80	40	10
14			40	60	50	5
15			60	40	60	70
16			80	20	70	65
17	Неон	Кислород	90	10	80	60
18			70	30	90	55
19			30	70	10	50
20			10	90	20	45
21	Гелий	Криптон	15	85	30	40
22			35	65	40	35
23			55	45	50	30
24			75	25	60	25
25	Аргон	Азот	80	20	70	20
26			60	40	80	15
27			40	60	90	10
28			20	80	100	5

Задание 5.3. Имеется идеальный газ согласно номеру варианта в таблице.

Определите:

- при температуре t значения массовой c , объемной c' теплоемкостей газа при постоянном объёме и постоянном давлении, считая $c = \text{const}$; справедливо ли равенство $c' = c \cdot \rho_n$, где ρ_n – плотность газа при нормальных условиях;
- средние значения мольной μc , массовой c и объемной c' теплоёмкостей газа при постоянном объёме и постоянном давлении в интервале температур от t_1 до t_2 ;
- истинное и среднее значения мольной теплоёмкости газа при постоянном давлении μc_p для температуры t , считая зависимость теплоёмкости от температуры линейной, и сравните его с табличным значением.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Газ	$t, \text{°C}$	$t_1, \text{°C}$	$t_2, \text{°C}$
1	Воздух	100	0	700
2	Кислород	200	100	600
3	Азот	500	400	1000
4	Водород	1400	200	800
5	Водяной пар	300	300	900
6	Окись углерода	900	500	900
7	Диоксид углерода	1000	600	1400

№ вар-та	Газ	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$
8	Воздух	1200	1000	1900
9	Кислород	1800	1200	1700
10	Азот	1600	1300	2200
11	Водород	1600	1600	2000
12	Водяной пар	1800	1500	2500
13	Окись углерода	1400	1200	1800
14	Диоксид углерода	1600	1500	2600
15	Воздух	700	200	1000
16	Кислород	800	400	900
17	Азот	900	300	900
18	Водород	1000	0	1000
19	Водяной пар	700	100	800
20	Окись углерода	600	300	1000
21	Диоксид углерода	1200	500	1200
22	Воздух	600	1300	1800
23	Кислород	1400	1500	2000
24	Азот	1600	1100	1700
25	Водород	1800	1700	2200
26	Водяной пар	1200	1400	1900
27	Окись углерода	1200	2000	2600
28	Диоксид углерода	1800	1500	2500

Тема 6. Первое начало термодинамики

Задание 6.1. Газ имеет молярную изохорную теплоёмкость μ_{cv} . Газ в количестве ν моль находится под давлением p_1 в замкнутом сосуде объёмом V и получает извне количество теплоты Q . Температура газа возросла при этом в b раз, а его внутренняя энергия увеличилась на ΔU . Определите:

- неизвестные величины согласно номеру варианта;
- число степеней свободы, которым обладают молекулы газа;
- изменение температуры газа;
- изменение энтальпии газа.

№ вар-та	$\mu_{cv}, \text{Дж/(моль}\cdot\text{К)}$	ν , моль	p_1 , Па	$V, \text{м}^3$	Q , Дж	b	ΔU , Дж
1	?	0,1	$2,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^{-3}$?	1,24	720
2	20,775	0,2	?	$1,5 \cdot 10^{-2}$	13500	2,6	?
3	24,93	0,3	$5,5 \cdot 10^5$?	?	1,15	1237,5
4	12,465	0,4	$3,0 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^{-2}$	945	?	?
5	24,93	0,5	$5,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^{-3}$?	1,8	?
6	?	0,6	$8,0 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^{-3}$?	1,5	900
7	12,465	0,7	?	$4,0 \cdot 10^{-4}$	45	1,75	?
8	20,775	0,8	$2,5 \cdot 10^5$?	175	1,28	?
9	12,465	0,9	$2,0 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^{-3}$?	1,32	?
10	20,775	1,0	$5,0 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^{-3}$?	?	750
11	?	1,1	$7,0 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	472,5	1,45	?
12	24,93	1,2	?	$6,0 \cdot 10^{-2}$?	1,10	360
13	20,775	1,3	$1,0 \cdot 10^5$?	18	1,36	?
14	24,93	1,4	$4,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	3000	?	?
15	12,456	1,5	$6,0 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^{-2}$?	1,4	?
16	?	1,6	$4,5 \cdot 10^5$	$7,0 \cdot 10^{-3}$?	1,22	1039,5

№ вар-та	$Q_{св}$, Дж/(моль·К)	ν , моль	p_1 , Па	V , м ³	Q , Дж	b	ΔU , Дж
17	12,465	1,7	?	$2,0 \cdot 10^{-2}$?	1,05	75
18	20,775	1,8	$1,5 \cdot 10^5$?	5625	1,30	?
19	24,93	1,9	$1,0 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^{-2}$?	?	1440
20	20,775	2,0	$3,0 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^{-3}$?	1,25	?
21	?	2,1	$5,0 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^{-3}$?	1,48	576
22	12,465	2,2	?	$5,0 \cdot 10^{-2}$?	1,20	4500
23	24,93	2,3	$1,0 \cdot 10^5$?	840	1,7	?
24	20,775	2,4	$8,0 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^{-2}$?	1,35	?
25	24,93	2,5	$4,0 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	192	?	?
26	?	2,6	$3,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^{-2}$?	1,26	5687,5
27	20,775	2,7	?	$9,0 \cdot 10^{-3}$	1080	1,12	?
28	12,465	2,8	$6,0 \cdot 10^5$?	?	1,65	3510

Задание 6.2. Газ имеет удельный объём v_1 при абсолютном давлении p_1 . Газ расширился изотермически при температуре T так, что его давление уменьшилось в b раз. Удельная работа расширения газа равна l . Определите:

- неизвестные величины согласно номеру варианта;
- изменение удельного объёма газа;
- изменение абсолютного давления газа;
- изменение удельной энтальпии газа.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Газ	p_1 , Па	v_1 , м ³ /кг	T , К	b	l , Дж/кг
1	Гелий	$2,5 \cdot 10^2$	0,0029	?	?	332,1
2		$1,15 \cdot 10^3$?	310	1,35	?
3		?	0,0522	200	?	3652,2
4		$1,8 \cdot 10^2$	0,0043	370	2,5	?
5	Углекислый газ	$3,0 \cdot 10^2$	0,0004	?	?	114,2
6		$1,4 \cdot 10^2$?	400	?	46,6
7		?	0,0011	230	1,8	?
8		$2,0 \cdot 10^5$	0,0003	350	1,25	?
9	Кислород	$1,25 \cdot 10^5$	0,0006	?	1,75	?
10		$1,7 \cdot 10^2$?	380	?	25,9
11		?	0,0006	330	1,4	?
12		$9,0 \cdot 10^3$	0,0060	210	?	42,9
13	Аргон	$7,5 \cdot 10^3$	0,0064	?	2,0	?
14		$1,3 \cdot 10^5$?	300	1,45	?
15		?	0,0007	315	?	11,9
16		$8,0 \cdot 10^4$	0,0006	250	?	29,1
17	Водород	$1,0 \cdot 10^4$	0,1038	?	?	420,8
18		$2,0 \cdot 10^5$?	320	1,3	?
19		?	0,0052	375	?	347,9
20		$6,0 \cdot 10^4$	0,0180	260	1,55	?
21	Азот	$4,0 \cdot 10^4$	0,0021	?	?	56,6
22		$1,0 \cdot 10^2$?	305	?	33,7
23		?	0,0005	340	1,2	?
24		$2,5 \cdot 10^4$	0,0026	220	1,7	?

№ вар-та	Газ	p_1 , Па	v_1 , м ³ /кг	T , К	b	l , Дж/кг
25	Неон	$1,5 \cdot 10^5$	0,0009	?	1,6	?
26		$1,6 \cdot 10^5$?	325	?	40,6
27		?	0,0050	240	2,2	?
28		$2,5 \cdot 10^5$	0,0006	360	?	65,7

Задание 6.3. Газ имеет массу m и начальную температуру T_1 . За счет притока извне количества теплоты Q объём газа увеличивается в b раз при постоянном давлении. Изменение внутренней энергии газа равно ΔU , а работа расширения – L . Определите:

- а) неизвестные величины согласно номеру варианта;
- б) конечную температуру газа;
- в) изменение энтальпии газа;
- г) удельные значения q , Δu , l , Δh .

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Газ	m , г	T_1 , К	b	Q , Дж	L , Дж	ΔU , Дж
1	Азот	?	280	3,0	?	664,8	?
2		5,5	?	1,75	?	?	1040,6
3		?	250	2,2	2493,0	?	?
4		20,0	310	?	?	?	1840,0
5	Водород	?	240	2,4	12215,7	?	?
6		1,5	?	1,5	?	903,7	?
7		1,0	350	?	?	2617,7	?
8		6,0	?	1,6	18847,0	?	?
9	Углекислый газ	?	340	2,0	?	?	9632,0
10		16,0	?	1,25	966,9	?	?
11		11,0	200	?	?	623,25	?
12		33,0	?	1,75	?	?	5328,8
13	Аргон	40,0	?	1,2	?	498,6	?
14		10,0	320	?	4155,0	?	?
15		?	250	1,5	1298,5	?	?
16		12,0	?	2,6	?	957,3	?
17	Кислород	?	320	2,5	?	?	4986,0
18		24,0	300	?	?	?	1495,8
19		8,0	?	2,4	?	581,7	?
20		?	290	1,4	3374,0	?	?
21	Гелий	12,0	?	3,2	38392,0	?	?
22		4,0	330	?	?	548,5	?
23		8,0	?	2,6	20608,8	?	?
24		?	370	2,5	?	?	6226,2
25	Воздух	15,0	220	?	?	155,8	?
26		?	360	3,0	?	?	2243,7
27		11,0	350	?	2490,2	?	?
28		4,4	?	1,6	?	?	553,45

Задание 6.4. Газ, молекулы которого n атомов, имеет удельный объём v_1 при абсолютном давлении p_1 . При сообщении каждому килограмму газа количества теплоты q его удельный объём увеличился до значения v_2 при постоянном давлении, а затем давление газа возросло до p_2 при постоянном объёме. Изменение

удельной внутренней энергии газа при этом составило Δu , а удельная работа расширения газа равна l . Определите:

- а) неизвестные величины согласно номеру варианта;
- б) удельные изобарные теплоёмкости газа: массовую и молярную;
- в) удельные изохорные теплоёмкости газа: массовую и молярную;
- г) изменение абсолютной температуры газа;
- д) изменение удельной энтальпии газа.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

Номер вар-та	Кол-во атомов n	v_1 , м ³ /кг	p_1 , Па	v_2 , м ³ /кг	p_2 , Па	q , Дж/кг	Δu , Дж/кг	l , Дж/кг
1	2	0,040	$1,0 \cdot 10^4$	0,060	$5,0 \cdot 10^4$?	6500,0	?
2	1	?	$1,2 \cdot 10^3$	0,030	$6,0 \cdot 10^3$?	?	2400,0
3	2	0,0015	?	0,003	$1,0 \cdot 10^5$?	450,0	?
4	3	?	$4,0 \cdot 10^4$	0,0075	?	1300,0	?	100,0
5	4	?	$8,0 \cdot 10^4$	0,045	$1,5 \cdot 10^5$?	16650,0	?
6	1	0,005	?	0,008	$6,0 \cdot 10^4$?	570,0	60,0
7	1	0,030	$5,0 \cdot 10^3$?	$1,5 \cdot 10^4$?	787,5	?
8	2	0,0012	$7,0 \cdot 10^4$?	?	1662,0	?	336,0
9	3	0,002	?	0,005	$2,5 \cdot 10^5$?	3150,0	?
10	2	?	$1,5 \cdot 10^4$	0,0045	?	?	562,5	22,5
11	1	0,015	$2,0 \cdot 10^3$	0,030	?	?	9000,0	?
12	3	0,006	?	0,009	$1,0 \cdot 10^4$	150,0	?	24,0
13	3	0,012	$5,0 \cdot 10^4$?	$7,5 \cdot 10^4$?	9000,0	?
14	2	0,001	?	0,0025	$4,0 \cdot 10^4$?	225,0	15,0
15	4	0,007	$6,0 \cdot 10^3$	0,010	$8,0 \cdot 10^3$?	?	?
16	2	?	$1,0 \cdot 10^5$	0,006	?	2150,0	?	400,0
17	1	0,0025	$3,0 \cdot 10^3$	0,0075	?	?	3937,5	?
18	3	0,010	$3,0 \cdot 10^4$?	?	?	7200,0	600,0
19	2	0,009	$9,0 \cdot 10^3$	0,020	$4,5 \cdot 10^4$?	2047,5	?
20	1	0,050	$1,5 \cdot 10^5$?	$3,0 \cdot 10^5$	26250,0	?	3750,0
21	4	0,020	$2,0 \cdot 10^4$	0,070	$6,0 \cdot 10^4$?	?	?
22	2	?	$2,5 \cdot 10^5$	0,003	$5,0 \cdot 10^5$?	?	500,0
23	3	0,003	$8,0 \cdot 10^3$?	$2,4 \cdot 10^4$?	360,0	?
24	1	0,060	?	0,090	?	10500,0	?	1500,0
25	3	0,004	$9,0 \cdot 10^4$	0,005	$2,0 \cdot 10^5$?	1920,0	?
26	2	0,025	?	0,030	?	?	13125,0	750,0
27	3	?	$7,0 \cdot 10^3$	0,040	$4,0 \cdot 10^4$?	4380,0	?
28	1	0,008	?	0,010	?	750,0	?	?

Задание 6.5. Газ расширился адиабатически так, что его удельный объём увеличился в b_1 раз, а температура уменьшилась до T_2 . Затем произошло изотермическое сжатие газа, и его удельный объём уменьшился в b_2 раз. Полная удельная работа, совершённая газом, равна l . Изобразите описанный процесс в $p, v; p, T$ и v, T – координатах. Определите:

- а) неизвестные величины согласно номеру варианта;
- б) отношение абсолютных давлений p_2/p_1 , где p_1 – давление в начале адиабатного процесса, p_2 – давление в конце адиабатного процесса;

- в) отношение абсолютных давлений p_3/p_1 , где p_1 – давление в начале адиабатного процесса, p_3 – давление в конце изотермического процесса;
- г) отношение удельных энтальпий h_3/h_1 , где h_1 – энтальпия в начале адиабатного процесса, h_3 – энтальпия в конце изотермического процесса;
- д) удельные значения q , Δu , l , Δh в процессах адиабатического расширения и изотермического сжатия газа.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Газ	T_1 , К	b_1	T_2 , К	b_2	l , Дж/кг
1	Водород	?	2,4	280	1,8	535660
2		360	?	329	?	189033
3		341	1,5	?	1,4	?
4		?	2,7	240	?	430125
5	Аргон	416	?	220	2,0	?
6		394	1,4	?	1,2	12750
7		?	1,2	324	1,3	?
8		384	?	340	1,5	-14930
9	Углекислый газ	341	1,8	?	?	12894
10		?	2,9	230	3,0	7804
11		396	?	305	?	11291
12		320	1,1	?	1,3	?
13	Кислород	?	3,0	200	?	24084
14		361	?	250	2,4	?
15		356	2,0	?	2,2	721
16		?	1,6	300	1,5	?
17	Гелий	458	?	220	2,6	303700
18		316	1,2	?	?	6750
19		?	2,5	261	3,6	-9785
20		397	?	250	?	-58300
21	Воздух	358	1,7	?	1,8	?
22		?	2,8	210	?	14005
23		360	?	315	1,6	?
24		315	2,2	?	2,1	73375
25	Азот	?	1,9	290	2,0	?
26		366	?	320	1,5	-4377
27		293	2,6	?	?	19564
28		?	1,3	330	1,4	-2310

Тема 7. Второе начало термодинамики. Энтропия. КПД циклов.

Задание 7.1. Каждый килограмм газа получает извне определённое количество теплоты. В результате одного из процессов изменяется абсолютная температура газа от T_1 до T_2 или его удельный объём от v_1 до v_2 . Изменение удельной энтропии при этом равно Δs . Определите:

- неизвестные величины согласно номеру варианта;
- показатель политропы для описанного процесса;
- КПД описанного процесса.

При решении задачи воспользуйтесь справочным материалом приложения.

№ вар-та	Газ	Процесс	T_1, K	T_2, K	$v_1, m^3/kg$	$v_2, m^3/kg$	$\Delta s, Дж/(кг·K)$
1	H ₂	изобарный	300	500			?
2	Ar	изохорный	?	400			360,0
3	N ₂	изобарный	250	?			1141,1
4	CO ₂	изохорный	400	600			?
5	O ₂	изотермический			18,8	75,0	?
6	N ₂	изобарный			?	17,9	477,6
7	CO ₂	изотермический			18,8	?	338,2
8	He	изотермический			2,0	10,0	?
9	CO ₂	изохорный	270	?			392,7
10	Ar	изобарный	?	400			128,1
11	H ₂	изохорный	225	?			3495,0
12	O ₂	изобарный	320	400			?
13	He	изобарный			6,3	?	7200,0
14	O ₂	изотермический			?	78,1	832,8
15	CO ₂	изобарный			22,7	?	1047,3
16	Kr	изотермический			12,5	37,5	?
17	CO ₂	изотермический			3,8	15,2	?
18	H ₂	изобарный			?	300,0	2880,0
19	Ar	изотермический			2,9	?	334,3
20	O ₂	изобарный			2,1	8,3	?
21	Kr	изохорный	300	350			?
22	CO ₂	изобарный	?	350			126,4
23	O ₂	изохорный	260	?			263,3
24	He	изобарный	200	400			?
25	Ne	изобарный	250	?			720,0
26	Kr	изохорный	?	450			49,1
27	H ₂	изотермический			22,0	?	5896,3
28	H ₂ O	изохорный	400	500			?

Задание 7.2. Идеальная холодильная машина работает по обратному циклу Карно. За один цикл затрачивается работа, равная $L_{Ц}$. При этом от холодильника с температурой t_x отводится количество теплоты Q_x , а нагревателю с температурой t_n передается количество теплоты Q_n . КПД цикла равен η , а холодильный коэффициент – ε . Начертите обратный цикл Карно в $p, v; p, T$ и T, v и T, s – координатах. Определите неизвестные величины согласно номеру варианта.

№ вар-та	$L_{Ц}, кДж$	$t_x, ^\circ C$	$t_n, ^\circ C$	$Q_x, кДж$	$Q_n, кДж$	η	ε
1	?	?	80	270	295	?	?
2	?	-20	?	18	?	?	12,0
3	12,0	?	35	?	?	0,065	?
4	13,3	0	?	?	?	?	10,5
5	?	-13	?	?	180	0,02	?
6	?	?	23	75	?	?	25,0
7	4,0	6	?	?	124	?	?
8	10,0	-3	?	?	?	0,25	?
9	20,0	?	67	320	?	?	?
10	?	-23	7	140	?	?	?

№ вар-та	$L_{ц}$, кДж	t_x , °С	t_n , °С	Q_x , кДж	Q_n , кДж	η	ε
11	?	?	12	?	96	0,1	?
12	6,0	0	?	80	?	?	?
13	?	10	?	112	120	?	?
14	22,0	-5	20	?	?	?	?
15	?	2	?	?	72	0,08	?
16	15,0	?	93	?	?	?	16,0
17	?	?	27	?	320	0,12	?
18	?	7	?	36	?	?	8,0
19	30,0	-13	?	?	280	?	?
20	?	52	?	42	48	?	?
21	?	?	22	180	?	?	9,0
22	8,0	-10	?	?	?	0,2	?
23	24,0	-2	?	92	?	?	?
24	?	5	30	200	?	?	?
25	28,0	17	?	?	?	?	14,0
26	10,0	?	33	75	?	?	?
27	?	12	?	64	68	?	?
28	37,0	-10	17	?	?	?	?

Основная литература

1. Техническая термодинамика: учебн.: в 2-х ч. / Б.М.Хрусталеv, А.П.Несенчук, В.Н.Романюк [и др.]. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – ч. 1 – 474 с.
2. Техническая термодинамика: учебн. для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 416 с., ил.
3. Техническая термодинамика и теплопередача: учебн. для специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» вузов / В.И. Кушнырев, В.А. Лебедев, В.А. Павленко. – М.: Стройиздат, 1968.
4. Сборник задач по технической термодинамике и теплопередаче / Под ред. В.И. Крутова. – М.: Высшая школа, 1986.
5. Новиков, И.И. Термодинамика: учебн. пособие для энергомашиностроительных и теплотехнических специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1984.

Дополнительная литература

1. Техническая термодинамика: учебник для машиностроительных специальностей вузов / Под ред. В.И. Крутова. – М.: Высшая школа, 1991.
2. Юдаев, Б.Н. Техническая термодинамика: учебное пособие для неэнергетических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1988.
3. Сборник задач по технической термодинамике / Т.Н. Андрианова, Б.В. Дзампов, В.Н. Зубарев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1971. – 264 с.
4. Рабинович, О.М. Сборник задач по технической термодинамике. – М.: Машиностроение, 1969. – 376 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 – Молекулярные массы (μ), молярные объемы (μ_v) и плотности некоторых газов при нормальных физических условиях (НФУ – $p_0 = 101325$ Па, $T_0 = 273,15$ К)

Газ	Химическое обозначение	$\mu, 10^{-3}$ кг/моль	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\mu_v, 10^{-3}$ м ³ /моль	R, Дж/(кг·К)
Кислород	O ₂	32,000	1,429	22,39	259,8
Азот	N ₂	28,026	1,251	22,40	296,8
Гелий	He	4,003	0,179	22,42	2078,0
Аргон	Ar	39,994	1,783	22,39	208,2
Водород	H ₂	2,016	0,090	22,43	4124,0
Оксись углерода	CO	28,01	1,250	22,40	296,8
Углекислый газ	CO ₂	44,01	1,977	22,26	188,9
Сернистый газ	SO ₂	64,06	2,926	21,89	129,8
Метан	CH ₄	16,032	0,717	22,39	518,8
Этилен	C ₂ H ₄	28,052	1,251	22,41	296,6
Аммиак	NH ₃	17,032	0,771	22,08	488,3
Водяной пар*	H ₂ O	18,016	0,804	22,40	461,0
Неон	Ne	20,180	0,901	22,41	412,0
Криптон	Kr	83,800	3,741	22,41	99,2
Воздух	—	28,96	1,293	22,40	287,0

*Нормальное состояние для пара считается условным

Таблица 2 – Интерполяционные формулы для теплоемкостей газов, кДж/(кмоль·°С)

Газ	Истинная молярная теплоемкость при $p = \text{const}$	Средняя молярная теплоемкость при $p = \text{const}$
<i>В пределах от 0 до 1000 °С</i>		
O ₂	$\mu_{Cp} = 29,5802 + 0,0069706 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 29,2080 + 0,0040717 \cdot t$
N ₂	$\mu_{Cp} = 28,5372 + 0,0053905 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 28,7340 + 0,0023488 \cdot t$
CO	$\mu_{Cp} = 28,7395 + 0,0058862 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 28,8563 + 0,0026808 \cdot t$
Воздух	$\mu_{Cp} = 28,7558 + 0,0057208 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 28,8270 + 0,0027080 \cdot t$
H ₂ O	$\mu_{Cp} = 32,8367 + 0,0116611 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 33,1494 + 0,0052749 \cdot t$
<i>В пределах от 0 до 1500 °С</i>		
H ₂	$\mu_{Cp} = 28,3446 + 0,0031518 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 28,7210 + 0,0012008 \cdot t$
CO ₂	$\mu_{Cp} = 41,3597 + 0,0144985 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 38,3955 + 0,0105838 \cdot t$
<i>В пределах от 1000 до 2700 °С</i>		
O ₂	$\mu_{Cp} = 33,8603 + 0,021651 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 31,5731 + 0,0017572 \cdot t$
N ₂	$\mu_{Cp} = 32,7466 + 0,0016517 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 29,7815 + 0,0016835 \cdot t$
CO	$\mu_{Cp} = 33,6991 + 0,0013406 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 30,4242 + 0,0015579 \cdot t$
Воздух	$\mu_{Cp} = 32,9564 + 0,0017806 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 30,1533 + 0,0016973 \cdot t$
H ₂ O	$\mu_{Cp} = 40,2393 + 0,0059854 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 34,5118 + 0,0045979 \cdot t$
<i>В пределах от 1500 до 3000 °С</i>		
H ₂	$\mu_{Cp} = 31,0079 + 0,0020243 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 286344 + 0,0014821 \cdot t$
CO ₂	$\mu_{Cp} = 56,8768 + 0,0021738 \cdot t$	$\mu_{Cpm} = 48,4534 + 0,0030032 \cdot t$

Таблица 3 – Мольная теплоемкость некоторых газов, кДж/(кмоль·К)

t, °С	Воздух		Кислород		Азот		Водород		Водяной пар		Окись углерода		Диоксид углерода	
	μ _{С_{рп}}	μ _{С_{вп}}												
0	29,70	20,76	29,27	20,96	29,12	20,81	28,62	20,31	33,50	25,19	29,12	20,81	35,86	27,55
100	29,15	20,84	29,54	31,23	29,16	20,85	28,94	20,63	33,74	25,43	29,18	20,87	38,11	29,80
200	29,30	20,99	29,93	21,62	29,25	20,94	29,07	20,76	34,12	25,81	29,30	20,99	40,06	31,75
300	29,52	21,21	30,40	22,09	29,38	21,07	29,12	20,81	34,58	26,27	29,52	21,21	41,76	33,45
400	29,79	21,48	30,88	22,57	29,60	21,29	29,19	20,88	35,09	26,78	29,79	21,48	43,25	34,94
500	30,09	21,78	31,33	23,02	29,86	21,55	29,25	20,64	35,63	27,32	30,10	21,79	44,57	36,26
600	30,40	22,09	31,76	23,45	30,15	21,84	29,32	21,01	36,20	27,89	30,43	22,12	45,57	37,44
700	30,72	22,41	32,15	23,84	30,45	22,14	29,41	21,09	36,79	28,47	30,75	22,44	46,81	38,50
800	31,03	22,72	32,50	24,19	30,75	22,44	29,52	21,20	37,39	29,08	31,07	22,76	47,76	39,45
900	31,32	23,01	32,82	24,51	31,04	22,73	29,65	21,23	38,01	29,69	31,38	23,06	48,62	40,30
1000	31,60	23,29	33,12	24,81	31,31	23,00	29,79	21,47	38,62	30,30	31,67	23,35	49,39	41,08
1200	32,11	23,80	33,63	25,32	31,83	23,52	20,11	21,79	39,83	31,51	32,19	23,88	50,74	42,43
1400	32,56	24,25	34,08	25,77	32,29	23,98	30,47	22,15	40,98	32,66	32,65	24,24	51,86	43,54
1600	32,97	24,66	34,48	26,17	32,70	24,39	30,83	22,52	42,06	33,74	33,05	22,74	52,80	44,49
1800	33,32	25,01	34,83	26,52	33,06	24,75	31,19	22,88	43,07	34,76	33,40	25,09	53,60	45,29

Составители:

Кушнер Татьяна Леонидовна

ФРОНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ
по дисциплине «Техническая термодинамика»
Часть 1. Идеальный газ

для студентов специальности
1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»
дневной формы обучения

Ответственный за выпуск:	Кушнер Т.Л.
Редактор:	Строкач Т.В.
Компьютерная вёрстка:	Кармаш Е.Л.
Корректор:	Никитчик Е.В.

Подписано к печати 03.12.2010 г. Формат 60×84 ¹/₁₆. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,16. Уч. изд. л. 1,25. Заказ № 1183. Тираж 50 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.