

Варианты ИДЗ

I. Законы классической термодинамики

Теоретическая часть

Номер варианта	Вопросы
1, 3, 5, 15	1. В чем состоит предмет термодинамики (что изучает термодинамика)? 2. В чем заключаются самые важные следствия третьего начала термодинамики?
2, 4, 16, 19	1. Опишите адиабатически изолированную систему. 2. Какими свойствами должна обладать система, чтобы ее можно было назвать термодинамической?
7, 9, 11, 13	1. Какова последовательность действий при определении термодинамических свойств в классической теории? 2. Опишите систему, выделенную воображаемыми стенками.
6, 12, 14, 18	1. Сформулируйте основные физические ограничения термодинамической теории. 2. Что такое «химический потенциал»?
8, 10, 17, 20	1. Сформулируйте нулевое начало термодинамики. 2. Как определяется большой термодинамический потенциал?

II. Практическая часть

Задача № 1

Газовая смесь задана процентным составом компонентов смеси CO_2 , H_2 , CO , H_2O , O_2 , N_2 , SO_2 в массовых долях (табл. 1). Давление смеси равно $P_{\text{см}}$ (табл. 1, строка 8). Объем смеси равен $V_{\text{см}}$ (табл. 1, строка 9). Температура смеси равна $t_{\text{см}}$ (табл. 1, строка 10). В интервале температур t (табл. 1, строка 11) смесь нагревается.

Данные для соответствующего варианта берутся из табл. 1.

Определить:

1. Объемный состав смеси.
2. Газовые постоянные компонентов R_i и смеси $R_{\text{см}}$, кДж/(кг·К).
3. Среднюю молярную массу смеси $\mu_{\text{см}}$ через объемные и массовые доли, кг/кмоль.
4. Парциальные давления компонентов через объемные и массовые доли.
5. Массу смеси $M_{\text{см}}$, кг и массы компонентов M_i , кг.
6. Парциальные объемы компонентов V_i , м³.
7. Плотности компонентов и смеси при нормальных физических условиях через объемные и массовые доли.

8. Массовые теплоемкости c , кДж/(кг·К) при $p_{см} = \text{const}$; $V_{см} = \text{const}$; для температуры смеси $t_{см}$, °С, (строка 10).

9. Количество теплоты, необходимое для нагревания (охлаждения) 7 кг смеси в интервале температур (строка 11) при $p = \text{const}$.

Таблица 1

Данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CO ₂ , %	12	10	–	13	–	5	14	–	–	15
H ₂ , %	–	–	5	–	10	30	–	5	–	–
CO, %	–	2	15	–	30	10	–	20	–	–
N ₂ , %	75	80	70	75	50	55	77	75	60	76
H ₂ O, %	8	–	10	6	10	–	5	–	15	4
SO ₂ , %	–	–	–	–	–	–	–	–	10	–
O ₂ , %	5	8	–	6	–	–	4	–	15	5
$P_{см}$, МПа	0,95	1,0	0,9	1,05	1,05	0,85	0,7	0,95	1,0	1,05
$V_{см}$, м ³	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
t , °С	2000	450	500	150	200	350	400	100	300	600
Δt , °С	200– 900	300– 100	100– 300	600– 200	950– 100	900– 200	700– 500	500– 200	800– 300	600– 100

Окончание табл. 1

Данные	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO ₂ , %	20	16	8	15	–	18	–	14	–	–
H ₂ , %	–	–	5	–	20	–	15	–	2	10
CO, %	10	–	2	–	10	1	–	–	25	–
N ₂ , %	–	76	85	75	50	65	45	76	65	70
H ₂ O, %	15	4	–	5	–	–	15	6	–	–
SO ₂ , %	–	–	–	–	–	16	–	–	8	15
O ₂ , %	55	4	–	5	20	–	25	4	–	5
$P_{см}$, МПа	1,05	1,2	1,25	1,05	0,85	1,2	1,0	0,9	1,0	1,05
$V_{см}$, м ³	3	4	5	6	7	8	9	10	2	3
t , °С	700	750	700	800	1000	1200	1000	2000	450	350
Δt , °С	750– 250	950– 500	300– 950	600– 900	950– 400	850– 350	350– 750	900– 600	450– 300	300– 150

Задача № 2

Данные для соответствующего варианта берутся из табл. 2.

Варианты 1–7. Определить изменение энтропии ΔS для M кг азота в политропном процессе при изменении температуры от t_1 до t_2 . Показатель политропы равен n . Теплоемкость азота считать постоянной, $C_p = 1,06$ кДж/(кг·К).

Варианты 8–14. Определить изменение энтропии ΔS для M кг азота при постоянном давлении 760 мм рт. ст. при изменении температуры от t_1 до t_2 . Теплоемкость азота зависит от температуры.

Варианты 15–20. Определить изменение энтропии ΔS для M кг азота в изохорном процессе, имеющему температуру t_1 , если подводится 100 кДж тепла. Теплоемкость азота считать постоянной.

Таблица 2

№ вар-та	M , кг	t_1 , °С	t_2 , °С	n		№ вар-та	M , кг	t_1 , °С	t_2 , °С	n
1	1,9	100	280	1,09		11	2,9	120	400	–
2	2,0	102	282	1,10		12	3,0	122	402	–
3	2,1	104	284	1,11		13	3,1	124	404	–
4	2,2	106	286	1,12		14	3,2	126	406	–
5	2,3	108	288	1,13		15	3,3	128	408	–
6	2,4	110	300	1,14		16	3,4	130	500	–
7	2,5	112	302	1,15		17	3,5	132	502	–
8	2,6	114	304	1,16		18	3,6	134	504	–
9	2,7	116	306	1,17		19	3,7	136	506	–
10	2,8	118	308	1,18		20	3,8	138	508	–

II. Фазовые равновесия и фазовые переходы.

Термодинамические свойства

Теоретическая часть

Номер варианта	Вопрос (задание)
1, 3, 5, 15	Что такое «фаза»? Приведите примеры фазовых переходов
2, 4, 16, 19	Условие фазового равновесия
7, 9, 11, 13,	Термодинамическая классификация фазовых переходов
6, 12, 14, 18	Понятие о полиморфных переходах. Приведите примеры
8, 10, 17, 20	Каноническое распределение Гиббса. Связь с термодинамическими величинами

Практическая часть

Номер варианта	Задачи
1, 4, 10, 13, 18	<p>1. Найдите свободную энергию F, термодинамический потенциал Φ и энтальпию I для одного моля идеального газа, считая $C_V = \text{const}$</p> <p>2. Найдите термическое и калорическое уравнение состояния газа, если известно выражение энтальпии в виде функции характеристических параметров S и p:</p> $I = C_p p^{\frac{R}{C_p}} e^{\frac{S-S_0}{C_p}} + U_0,$ <p>где C_p, S_0 и U_0 – постоянные величины. Получите уравнение адиабаты</p>
2, 8, 12, 15, 20	<p>1. Вычислите свободную энергию F и термодинамический потенциал Φ для идеального газа, у которого теплоемкость $C_V = a + bT$ (где a и b некоторые постоянные).</p> <p>2. Найдите уравнение состояния газа, если для него известна свободная энергия в виде функции характеристических параметров:</p> $F = C_V T (1 - \ln T) - \frac{a}{TV} - RT \ln(V - b),$ <p>где C_V, a, b – постоянные величины. Вычислите внутреннюю энергию газа</p>
3, 6, 11, 16, 19	<p>1. Найдите свободную энергию одного киломоля газа Ван-дер-Ваальса и покажите, что убыль её при изотермических процессах равна работе изотермического расширения газа.</p> <p>2. Найдите термическое уравнение состояния вещества и внутреннюю энергию, если его свободная энергия известна в виде характеристической функции:</p> $F = (C_V - S_0)T - C_V T \ln T - RT \ln(V - b) - \frac{a}{V} + U_0,$ <p>где C_V, S_0, a, b, U_0 – постоянные величины</p>
5, 7, 9, 14, 17	<p>1. Найдите термодинамический потенциал Φ и энтальпию I в переменных P и V для одного киломоля газа Ван-дер-Ваальса. Считать, что теплоемкость C_V не зависит от температуры.</p> <p>2. Найдите термическое и калорическое уравнение состояния газа, если его энтропия выражается в виде функции от внутренней энергии и объема</p> $S = C_V \ln(U - U_0) + R \ln V + (S_0 - C_V \ln C_V),$ <p>где C_V, S_0, U_0 – постоянные величины</p>

III. Элементы технической термодинамики.

Введение в химическую термодинамику

Теоретическая часть

Номер варианта	Вопросы
1, 3, 11, 13	1. Координата реакции. Химическое сродство 2. Расчет КПД цикла Карно
2, 4, 14, 18	1. Закон Гесса 2. Расчет КПД цикла Отто
5, 15, 8, 10	1. Время релаксации реакции 2. Расчет КПД модельного цикла Ренкина
7, 9, 17, 20	1. Закон действующих масс 2. Расчет КПД модельного цикла Дизеля
6, 12, 16, 19	1. Понятие об идеальных и неидеальных растворах 2. Расчет КПД двигателя Стринга

Практическая часть

Номер варианта	Задачи
1, 3, 11, 13	1. Рассчитайте ΔH_{298}° химической реакции $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$ по значениям стандартных теплот образования веществ (табл. 3). Укажите тип реакции (экзо- или эндотермическая). 2. Идеальный двухатомный газ совершает цикл Карно. При адиабатическом расширении объем газа меняется от 12 до 16 л. Найти КПД цикла. 3. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из двух изотерм и двух изохор. Как ведет себя на различных участках цикла: а) внутренняя энергия; б) энтропия газа? (растет, уменьшается, остается постоянной). Ответ обосновать.
2, 4, 14, 18	1. Рассчитать ΔH° восстановления оксида железа (III) различными восстановителями при стандартных условиях: а) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{К}) + 3\text{H}_2(\text{Г}) = 2\text{Fe}(\text{К}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{Г})$; б) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{К}) + 3\text{CO}(\text{Г}) = 2\text{Fe}(\text{К}) + 3\text{CO}_2(\text{Г})$. В каком случае на этот процесс потребуется больше затратить энергии? 2. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения равна 5 Дж. Определить работу изотермического сжатия, если КПД цикла 0,2. 3. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из адиабаты, изобары и изохоры. Показатель адиабаты 1,5. При адиабатическом расширении температура уменьшается в 2 раза. Найти КПД цикла.

Номер варианта	Задачи
5, 15, 8, 10	<p>1. Рассчитайте изменение энергии Гиббса (ΔG_{298}°) для процесса $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$ по значениям стандартных энергий Гиббса образования веществ (табл. 3). Возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях и 298 К? Возможно ли при 95 °С самопроизвольное протекание процесса.</p> <p>2. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагрева равна 470 К, температура холодильника равна 280 К. При изотермическом расширении газ совершает работу 100 Дж. Определить КПД, а также количество теплоты, которое газ отдает холодильнику при изотермическом сжатии.</p> <p>3. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из двух адиабат и двух изобар. На каких участках: а) совершенная газом работа больше (меньше) нуля; б) полученное газом тепло больше (меньше) нуля? Ответ обосновать</p>
7, 9, 17, 20	<p>1. Пользуясь табличными данными (табл. 3), вычислите тепловые эффекты следующих реакций: а) $\text{CH}_4(\text{г}) + 2 \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$; б) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + 2 \text{Al}(\text{к}) = \text{Al}_2\text{O}_3(\text{к}) + 2 \text{Fe}(\text{к})$; в) $\text{MgCO}_3(\text{к}) = \text{MgO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$. Какие из этих реакций будут экзотермическими, какие – эндотермическими?</p> <p>2. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в 4 раза выше температуры холодильника. Какую долю количества теплоты, получаемого за 1 цикл от нагревателя, газ отдает холодильнику?</p> <p>3. Водород совершает цикл Карно. Найти КПД цикла, если при адиабатическом расширении: а) объем газа увеличивается в $n = 2,0$ раза; б) давление уменьшается в $n = 2,0$ раза.</p>
6, 12, 16, 19	<p>1. Рассчитайте величину ΔS_{298}° для процесса $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$, используя значения стандартных энтропий веществ (табл. 3).</p> <p>2. Идеальный двухатомный газ, содержащий 1 моль вещества, совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Наименьший объем 10 л, наибольший 20 л, наименьшее давление 246 кПа, наибольшее 410 кПа. Построить график цикла. Определить температуру газа для характерных точек цикла и КПД</p> <p>3. Идеальный газ совершает цикл Карно, $2/3$ количества теплоты, полученного от нагревателя, отдает холодильнику. Температура холодильника 280 К. Определите температуру нагревателя.</p>

Таблица 3

Стандартные термодинамические характеристики некоторых веществ

Вещество	ΔH_{298}° , кДж/моль	ΔG_{298}° , кДж/моль	ΔS_{298}° , Дж/(моль·К)
Al ₂ (SO ₄) ₃ (т)	-3444	-3103	239
Al ₂ O ₃ (т)	-1676	-1580	50,9
BaCO ₃ (т)	-1235	-1134	103
BaO (т)	-548	-518	70,4
C (т)	0	0	5,74
C ₂ H ₄ (г)	52	68	219,4
C ₂ H ₅ OH (ж)	-277	-175	160,7
CaCO ₃ (т)	-1207	-1128	89
CaO (к)	-636	-603	40
CaSiO ₃ (к)	-1562	-1550	82
CH ₃ OH (ж)	-239	-166,2	126,8
CH ₄ (г)	-74,85	-50,79	186,19
Cl ₂ (г)	0	0	222,96
CO (г)	-110,5	-137,14	197,54
CO ₂ (г)	-394	-394,4	214
Fe (т)	0	0	27,3
Fe ₂ O ₃ (т)	-823	-740	87,9
H ₂ (г)	0	0	130
H ₂ O (г)	-242	-229	189
H ₂ O (ж)	-286	-237	70
H ₂ S (г)	-21	-33,8	206
HCl (г)	-93	-95,3	187
N ₂ O (г)	82	104	220
Na ₂ CO ₃ (т)	-1138	-1048	136
Na ₂ O (т)	-416	-378	75,5
NaOH (т)	-427,8	-381,1	64,16
NH ₃ (г)	-46	-16,7	193
NH ₄ Cl (т)	-314	-203	96
NH ₄ NO ₃ (т)	-365	-184	151
NO (г)	90,37	86,71	210,62
NO ₂ (г)	33	51,5	240,2
O ₂ (г)	0	0	205
P ₂ O ₅ (т)	-1492	-1348,8	114,5
SiO ₂ (т)	-908,3	-854,2	42,7
SO ₂ (г)	-297	-300	248
SO ₃ (г)	-395,2	-370,4	256,23
Zn (т)	0	0	41,59
ZnO (т)	-349	-318,2	43,5