

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА
И
ТЕРМОДИНАМИКА**

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ
ПО ФИЗИКЕ**

в 2-х частях

Часть 2

Витебск
2006

УДК 534.07

Молекулярная физика и термодинамика: Тестовые задания для контроля знаний студентов по физике в 2-х частях. Часть 2.

Министерство образования Республики Беларусь, Витебск, УО «ВГТУ», 2006 г.

Составители:

к.ф-м.н., доц. Котов А.А.

к.т.н., доц. Кузнецов А.А.

д.т.н., доц. Рубаник В.В.

Методические материалы включают в себя большинство вопросов программы по физике для технических ВУЗов (раздел «Молекулярная физика и термодинамика»). Задания выборочно могут быть использованы на практических аудиторных занятиях, для самостоятельного решения задач дома. Решение всех содержащихся в тесте заданий дает возможность итогового контроля знаний студентов по соответствующему разделу дисциплины.

Для студентов УО «ВГТУ» механических и технологических специальностей дневного отделения.

Одобрено кафедрой физики УО «ВГТУ», протокол № 3 от 22.09.2006 г.

Рецензент: к.т.н., доц. Ольшанский А.И.

Редактор: ст. преподаватель Мясоедов А.В.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским Советом УО «ВГТУ», протокол № 6 от 27 ноября 2006 г.

Ответственный за выпуск: Махановская О.Н.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати 09.01.07 Формат 60×90^{1/16} Уч.- изд. лист. _1,0

Печать ризографическая. Тираж 163 Заказ № 17 Цена 250 руб.

Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Лицензия № 02330/0133005 от 1 апреля 2004 года

210035, г. Витебск, Московский проспект, 72.

СОДЕРЖАНИЕ

Основные законы и формулы	4
ТЕСТ № 0	5
ТЕСТ № 1	6
ТЕСТ № 2	7
ТЕСТ № 3	8
ТЕСТ № 4	9
ТЕСТ № 5	10
ТЕСТ № 6	11
ТЕСТ № 7	12
ТЕСТ № 8	13
ТЕСТ № 9	14
ТЕСТ № 10	15
Литература	16

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ

1. Уравнение Менделеева-Клапейрона

$$PV = \frac{m}{\mu}RT$$

2. Закон Дальтона, определяющий давление смеси газов

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

3. Массовая доля ω_i i -го компонента смеси газов

$$\omega_i = \frac{m_i}{m}$$

4. Основное уравнение кинетической теории газов

$$P = \frac{1}{3}nm_0\langle v_{\text{кв.}} \rangle^2$$

5. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы газа

$$\langle \epsilon_n \rangle = \frac{3}{2}kT$$

6. Средняя полная кинетическая энергия молекулы

$$\langle \epsilon \rangle = \frac{i}{2}kT$$

7. Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры

$$P = nkT$$

8. Скорость молекул

$$\langle v_{\text{кв.}} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \quad (\text{средняя квадратичная})$$

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}} \quad (\text{средняя арифметическая})$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} \quad (\text{наиболее вероятная})$$

9. Изохорная молярная теплоемкость однокомпонентного газа

$$C_V = \frac{i}{2}R$$

10. Изобарная молярная теплоемкость однокомпонентного газа

$$C_P = \frac{i+2}{2}R$$

11. Внутренняя энергия идеального газа

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$$

12. Первое начало термодинамики

$$\delta Q = \delta A + dU$$

13. Работа расширения газа:

а) в изобарном процессе

$$A = P (V_2 - V_1)$$

б) в изотермическом процессе

$$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

в) в адиабатическом процессе

$$A = -\frac{m}{\mu} C_v \Delta T = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \frac{m}{\mu} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right]$$

14. Уравнение Пуассона (уравнение адиабаты)

$$PV^\gamma = \text{const}$$

$$TV^{\gamma - 1} = \text{const}$$

15. Термический коэффициент полезного действия кругового процесса (цикла)

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

16. Термический К.П.Д. цикла Карно

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

17. Распределение Больцмана

$$n = n_0 \exp \left(-\frac{W_n}{kT} \right)$$

18. Барометрическая формула

$$p = p_0 \exp \left(-\frac{\mu gh}{RT} \right)$$

ТЕСТ № 0

А. Какая физическая величина имеет размерность?

1. $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$

2. $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$

3. $\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

4. $\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$

5. $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$

6. $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

7. моль^{-1}

8. $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

9. $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$

10. $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$

В. Указать размерность физической величины:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Плотность | 2. Давление |
| 3. Молярная масса | 4. Количество теплоты |
| 5. Молярная теплоемкость | 6. Удельная теплоемкость |
| 7. Постоянная Авогадро | 8. Универсальная газовая постоянная |
| 8. Универсальная газовая постоянная | 9. Постоянная Больцмана |
| 10. Удельная теплота фазового превращения | |

ТЕСТ № 1

Баллон содержит смесь двух газов известного химического состава. Масса первого газа m_1 , второго – m_2 . Температура смеси t , давление P . Принимая газы за идеальные, найти:

- | | |
|--|---|
| 1. Объем баллона | 2. Плотность смеси |
| 3. Молярную массу смеси | 4. Парциальные давления компонентов смеси |
| 5. Концентрации компонентов | |
| 6. Средние квадратичные скорости молекул компонентов | |
| 7. Среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул компонентов | |
| 8. Среднюю кинетическую энергию вращательного движения молекул компонентов | |
| 9. Внутреннюю энергию смеси | |
| 10. Удельную изохорную и изобарную теплоемкости смеси | |

Таблица вариантов

№ варианта	газ 1	газ 2	m_1 , г	m_2 , г	t , °С	P , Па
1	O ₂	N ₂	32	14	10	10 ⁵
2	O ₂	N ₂	16	28	10	10 ⁵
3	O ₂	N ₂	8	7	10	10 ⁵
4	He	CO ₂	4	22	20	10 ⁵
5	H ₂	N ₂	1	14	20	2·10 ⁵
6	H ₂	N ₂	2	7	10	10 ⁵
7	H ₂	He	2	4	27	10 ⁵
8	H ₂	CO ₂	2	11	17	10 ⁵
9	CO ₂	He	33	2	27	10 ⁵
10	O ₂	He	16	4	27	2·10 ⁵

ТЕСТ № 2

Сосуд объемом V с абсолютно теплопроводными стенками разделен такой же непроницаемой перегородкой так, что $\frac{V_1}{V_2} = n$. Части сосуда заполняются газами известного химического состава, имеющим массы m_1 и m_2 и температуры t_1 и t_2 соответственно. После удаления перегородки газы перемешиваются. Считая газ идеальным, найти:

1. Температуру, установившуюся в сосуде после перемешивания газов
2. Молярную массу смеси газов
3. Давление смеси газов в сосуде после их перемешивания
4. Изохорную и изобарную молярные теплоемкости смеси газов
5. Средние квадратичные скорости молекул газов после перемешивания
6. Средние кинетические энергии поступательного движения молекул смеси
7. Средние кинетические энергии вращательного движения молекул смеси
8. Массу молекулы компонентов смеси
9. Среднее значение импульса молекулы каждого компонента смеси
10. Кинетическую энергию поступательного и вращательного движения всех молекул смеси

Таблица вариантов

№ варианта	газ 1	газ 2	V , л	n	m_1 , г	m_2 , г	t_1 , °C	t_2 , °C
1	H ₂	O ₂	5	1	2	8	10	20
2	N ₂	O ₂	4	1,5	14	16	27	17
3	N ₂	H ₂	3	2	28	1	17	27
4	He	Ar	4	2,5	8	5	20	30
5	O ₂	N ₂	2	0,5	32	28	25	15
6	O ₂	H ₂	3	2	16	4	27	17
7	H ₂	N ₂	2	1	12	14	27	37
8	CO	H ₂	5	0,5	28	2	17	27
9	N ₂	CO	2	2	21	14	17	37
10	CO	O ₂	4	3	14	16	57	17

ТЕСТ № 3

Газ известного химического состава заключен в сосуд объемом V . Плотность газа ρ , средняя квадратичная скорость молекул его $\bar{v}_{\text{кв}}$. Считая газ идеальным, найти:

1. Давление газа
2. Температуру газа
3. Массу газа
4. Число молекул газа
5. Концентрацию молекул газа
6. Среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа
7. Среднюю кинетическую энергию вращательного движения молекул газа
8. Внутреннюю энергию газа
9. Изобарную удельную теплоемкость газа
10. Изохорную удельную теплоемкость газа
11. Среднее значение импульса молекулы газа

Таблица вариантов

№ варианта	газ	V , л	ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\bar{v}_{\text{кв}}$, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$
1	H ₂	2	0,08	500
2	O ₂	3	0,8	450
3	CO ₂	1	1,0	400
4	CO	5	0,9	500
5	He	2	0,1	550
6	HCl	4	0,5	400
7	N ₂	3	0,6	550
8	Nh ₄	5	0,5	50
9	NO	10	0,4	600
10	NO ₂	8	0,8	450

ТЕСТ № 4

Баллон объемом V заполнен смесью известного химического состава с массовыми долями компонентов соответственно w_1 , w_2 и w_3 . Давление смеси в баллоне P , плотность ее ρ . Считая газ идеальным, найти:

1. Молярную массу смеси
2. Температуру смеси
3. Концентрацию молекул компонентов смеси
4. Парциальное давление компонентов смеси
5. Изохорную удельную теплоемкость смеси
6. Изобарную удельную теплоемкость смеси
7. Среднюю кинетическую энергию вращательного движения молекул каждого компонента смеси
8. Среднее значение импульса молекулы каждого компонента смеси

Таблица вариантов

№ варианта	V , л	газ 1	газ 2	газ 3	w_1 , %	w_2 , %	w_3 , %	P , кПа	ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
1	5	N_2	O_2	H_2	20	50	30	1,5	1,0
2	5	O_2	H_2	N_2	20	50	30	1,5	1,0
3	5	H_2	N_2	O_2	20	50	30	1,5	1,0
4	10	N_2	O_2	H_2	25	15	60	1,5	1,0
5	10	O_2	N_2	H_2	30	25	45	1,5	1,0
6	10	H_2	N_2	O_2	30	25	45	1,5	1,0
7	15	N_2	O_2	H_2	30	25	45	1,5	1,0
8	15	N_2	O_2	H_2	70	20	10	1,5	1,0
9	15	N_2	O_2	H_2	60	20	20	1,5	1,0
10	10	H_2	O_2	N_2	15	30	55	1,5	1,0

ТЕСТ № 5

В вертикально расположенном цилиндре с абсолютно теплопроводными стенками под поршнем находится смесь газов известного химического состава. Массовые доли компонентов смеси w_1 и w_2 соответственно. Газ занимает объем V_1 , температура его T_1 . Диаметр поршня d , его масса m_1 . После того, как на поршень положили груз массой m_2 , он опустился на расстояние h . Считая газы идеальными, найти:

1. Молярную массу смеси
2. Массу всего газа
3. Изохорную молярную теплоемкость смеси
4. Изобарную молярную теплоемкость смеси
5. Температуру смеси T_2 после сжатия
6. Показатель адиабаты смеси газов
7. Величину перемещения поршня h
8. Работу, совершенную газом
9. Парциальное давление компонентов смеси после сжатия газа
10. Значение средней кинетической энергии вращательного движения молекул каждого компонента
11. Изменение внутренней энергии смеси в результате сжатия

Таблица вариантов

№ варианта	газ 1	газ 2	w_1 , %	w_2 , %	V , л	T_1 , °C	d , см	m_1 , кг	m_2 , кг	h , см
1	O ₂	H ₂	20	80	1,0	20	5	0,5	0,5	5
2	N ₂	H ₂	30	70	1,0	20	5	0,5	0,5	6
3	O ₂	N ₂	75	25	1,0	30	6	0,1	0,5	4
4	CO ₂	NO	50	50	1,0	15	10	0,2	0,5	5
5	He	H ₂	60	40	2,0	25	10	0,2	0,5	7
6	H ₂	He	60	40	2,0	25	10	0,2	0,5	5
7	H ₂	O ₂	25	75	2,0	10	8	0,2	0,5	6
8	H ₂	N ₂	50	50	2,0	15	10	0,2	0,5	5
9	He	O ₂	30	70	2,0	20	10	0,1	0,5	5
10	He	N ₂	40	60	2,0	30	10	0,1	0,5	5

ТЕСТ № 6

Смесь двух газов массой m известного химического состава с массовыми долями компонентов w_1 и w_2 соответственно занимают объем V_1 при давлении P_1 . Смесь изобарически сжимают до объема V_2 , затем сжимают адиабатически, после чего газ изотермически расширяется до начального объема и давления.

Считая газ идеальным, найти:

1. Молярную массу смеси
2. Изохорную молярную теплоемкость смеси
3. Изобарную молярную теплоемкость смеси
4. Температуру смеси в конце адиабатного сжатия
5. Объем газа в конце изобарного сжатия
6. Давление газа в конце адиабатного сжатия
7. Работу, совершенную газом за один цикл
8. Среднюю кинетическую энергию молекулы каждого из компонентов смеси в конце изобарного сжатия
9. Внутреннюю энергию смеси молекулы каждого из компонентов смеси в конце изобарного сжатия
10. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя
11. Количество теплоты, отданное газом холодильнику
12. Термический коэффициент полезного действия цикла

Таблица вариантов

№ варианта	газ 1	газ 2	m_1 , кг	w_1 , %	w_2 , %	V_1 , л	P_1 , кПа	V_2 , л
1	He	O ₂	10	20	80	10	100	5
2	H ₂	O ₂	10	20	80	10	120	4
3	N ₂	O ₂	15	30	70	10	100	6
4	CO ₂	O ₂	20	50	50	10	100	5
5	N ₂	H ₂	12	40	60	10	100	4
6	O ₂	He	10	20	80	10	100	5
7	O ₂	H ₂	10	20	80	10	100	4
8	O ₂	N ₂	10	30	70	10	10	5
9	O ₂	CO ₂	10	60	40	10	100	3
10	H ₂	N ₂	12	40	60	10	100	5

ТЕСТ № 7

Смесь двух газов известного химического состава массой m с массовыми долями компонентов w_1 и w_2 соответственно занимают объем V_1 . Давление газа P_1 . Газ сначала изобарно нагревается до объема V_2 , а затем изохорно до давления P_2 . Считая газ идеальным, найти:

1. Молярную массу смеси
2. Показатель адиабаты смеси
3. Изменение внутренней энергии смеси
4. Количество теплоты, переданное газу
5. Коэффициент полезного действия процесса
6. Концентрацию компонентов смеси
7. Средние кинетические энергии вращательного движения молекул компонентов смеси
8. Парциальное давление компонентов смеси в конце процесса
9. Средние квадратичные скорости молекул компонентов после изобарного расширения
10. Массы молекул компонентов

Таблица вариантов

№ варианта	m_1 , кг	газ 1	газ 2	w_1 , %	w_2 , %	V_1 , л	P_1 , кПа	V_2 , л	P_2 , кПа
1	20	N ₂	O ₂	60	40	10	100	20	200
2	10	CO	H ₂	30	70	15	100	25	250
3	30	CO ₂	O ₂	25	75	20	100	30	300
4	15	H ₂	O ₂	45	55	25	100	35	350
5	15	He	CO ₂	70	30	30	100	40	400
6	10	O ₂	N ₂	60	40	10	100	20	350
7	10	H ₂	CO	30	70	15	100	25	300
8	15	O ₂	CO ₂	25	75	20	100	30	250
9	10	O ₂	H ₂	45	55	25	100	35	200
10	20	CO ₂	He	70	30	30	100	40	400

ТЕСТ № 8

Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Рабочим телом является смесь двух газов известного химического состава с массовыми долями w_1 и w_2 соответственно. Газ при давлении P_1 и температуре t_1 занимает объем V_1 . После изотермического расширения газ занял объем V_2 . После адиабатического расширения объем стал равным V_3 . Найти:

1. Массу смеси
2. Внутреннюю энергию смеси в начальном состоянии
3. Изменение внутренней энергии смеси в конце расширения
4. Давление смеси в конце изотермического расширения
5. Давление смеси в конце адиабатического расширения
6. Температуру смеси в конце адиабатического расширения
7. Работу, совершенную за один цикл
8. Количество теплоты, полученной газом за цикл от нагревателя
9. Количество теплоты, отданной газом за цикл холодильнику
10. Коэффициент полезного действия цикла

Таблица вариантов

№ варианта	газ 1	газ 2	w_1 , %	w_2 , %	P_1 , кПа	t_1 , °C	V_1 , л	V_2 , л	V_3 , л
1	H ₂	O ₂	80	20	200	107	2	5	8
2	H ₂	N ₂	70	30	300	117	2,5	5	10
3	H ₂	NO	60	40	400	127	3	6	9
4	H ₂	CO	50	50	500	137	3,5	10	15
5	He	Ar	55	65	600	147	4	10	12
6	O ₂	H ₂	80	20	700	157	3,5	10	12
7	N ₂	H ₂	70	30	600	137	3	9	15
8	NO	H ₂	60	40	500	127	2,5	5	10
9	CO	H ₂	30	70	400	117	2	5	8
10	Ar	He	55	65	300	127	2	5	8

ТЕСТ №9

В сосуде объемом V находится масса m газа известного химического состава при температуре T_1 . Вследствие нагревания газа до температуры T_2 часть молекул диссоциирует на атомы и давление в сосуде становится равным P_c . Найти:

1. Концентрацию молекул газа в сосуде до нагревания
2. Внутреннюю энергию газа до нагревания
3. Степень диссоциации молекул вследствие нагревания
4. Молярную массу получившейся газовой смеси
5. Показатель адиабаты смеси
6. Внутреннюю энергию смеси
7. Количество теплоты, полученной газом при нагревании

Таблица вариантов

№ варианта	V , л	m , г	T_1 , К	T_2 , К	газ	P_c
1	0,5	1	300	1000	J_2	100
2	0,5	2	300	1500	J_2	220
3	1,0	1	300	1000	O_2	300
4	1,0	1	300	1000	N_2	350
5	1,0	0,1	300	1000	H_2	500
6	0,5	0,5	300	1000	J_2	120
7	0,5	0,5	300	1000	J_2	130
8	0,5	0,5	300	1000	O_2	320
9	0,5	0,1	300	1000	N_2	100
10	0,5	0,3	300	1500	N_2	350

ТЕСТ № 10

Открытый баллон объемом V поднимают с первого этажа башни на последний. Высота башни h , температура постоянная и равная t . Атмосферное давление на первом этаже $p_0 = 10^5$ Па. Воздух рассматривать как смесь азота и кислорода с массовыми долями компонентов w_1 и w_2 соответственно. Считая газ идеальным, найти:

1. Молярную массу воздуха в указанных условиях
2. Плотность воздуха на первом этаже
3. Плотность воздуха на последнем этаже
4. Изменение концентрации молекул в сосуде вследствие подъема
5. Изменение внутренней энергии воздуха в сосуде вследствие подъема
6. Массу вышедшего из баллона воздуха
7. Теплоемкость воздуха на первом этаже
8. Теплоемкость воздуха на последнем этаже

Таблица вариантов

№ варианта	V , л	h , м	t , °C	w_1 , %	w_2 , %
1	5	350	15	75	25
2	10	400	20	76	24
3	15	450	18	77	23
4	2	500	22	74	26
5	10	450	25	77	23
6	5	500	20	76	24
7	20	550	18	75	25
8	40	400	15	74	26
9	10	500	25	77	23
10	15	450	20	75	25

Литература

1. Яворский, Б. М. Курс физики. В 3 т. Т.1. Механика / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. – Москва : Высш. шк., 1965. – 376 с.
2. Яворский, Б. М. Курс физики : учеб. пособие для втузов / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. – Москва : Высш. шк., 1989. – 608 с. : ил.
3. Зисман, Г. А. Курс общей физики. В 3 т. Т.1 / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. – Москва : Высш. шк., 1974. – 339 с.