

## Зачет №1.

### Тема: «Основы молекулярно-кинетической теории газов».

#### Что надо знать и уметь:

Понятия: макроскопическое тело, тепловое движение, количество вещества, моль, молярная масса, число Авогадро, нормальные условия газа, идеальный газ, постулаты МКТ, макроскопические параметры газа, температура.

Следует запомнить и уметь объяснить формулу  $E = 3/2 kT$  и ее физический смысл, объяснить смысл основного уравнения МКТ газов. Надо уметь, пользуясь таблицей Менделеева, находить относительную молекулярную массу вещества, знать уравнение Менделеева – Клапейрона:  $PV = mRT/M$ , получить из этой формулы частные газовые законы, объяснить смысл каждого закона, начертить график, знать закон Дальтона.

Важно знать, что такое ионная решетка, атомная решетка, молекулярная решетка, металлическая решетка.

Понятия: плавление, кристаллизация, количество теплоты, сублимация, уравнение теплового баланса, фазовые переходы вещества, влажность воздуха и точка росы.

#### Ответьте на вопросы:

1. Перечислите постулаты МКТ в современной формулировке.
2. Объясните смысл каждого газового закона, начертите график и обоснуйте. Приведите примеры из техники, иллюстрирующие газовые законы.
3. Дайте сравнительную характеристику твердых, жидких и газообразных веществ.
4. Перечислите четыре типа кристаллических решеток.

#### Примеры решения задач.

**№1.** Найти число молекул в 2кг углекислого газа.

*Решение.*

Масса одной молекулы  $m_0 = \frac{M}{N_a}$ , где  $N_a$  - число Авогадро  $N_a = 6,02 \cdot 10^{23}$  1/моль

Число молекул  $N = \frac{mN_a}{M} = 270 \cdot 10^{23}$  молекул.

**№2.** Как можно объяснить исчезновение дыма в воздухе?

*Решение:* Частицы дыма, попадая в воздух, начинают участвовать в броуновском движении и удаляются друг от друга. Таким образом, объем, занимаемый дымом, увеличивается, плотность дыма уменьшается. Дым исчезает в воздухе.

**№3.** Для измерения температуры рекомендуют держать термометр под мышкой в течение 5-8 мин. Почему нет смысла держать его большее время?

*Решение.* При определении температуры между телом и термометром должно наступить тепловое равновесие. Время 5-8 минут достаточно для наступления теплового равновесия между телом человека и термометром.

**№ 4.** В баллоне емкостью 25,6л находится 1,04кг азота при давлении 3,5МПа. Определить температуру газа.

*Решение:* Воспользуемся уравнением Менделеева – Клапейрона:  $PV = \frac{m}{M} RT$ , отсюда определим

температуру:  $T = \frac{PVM}{mR}$ ;  $T = [\text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}^{-1} / (\text{кг} \cdot \text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К} / \text{м}^3 \cdot \text{Н} \cdot \text{м} = \text{К})]$   $T = 290\text{К}$  или

$t = 290^\circ - 273^\circ = 17^\circ\text{C}$

*Ответ:*  $T = 290\text{К}$ .

**№ 5.** При нормальных условиях масса газа 738,6мг, а объем 8,205л. Какой это газ?

*Решение:* При нормальных условиях давление  $P = 101\text{кПа}$  и  $T = 273\text{К}$ ;  $1\text{л} = 0,001\text{м}^3$ ;  $1\text{кПа} = 10^3\text{Па}$ . Из уравнения Менделеева – Клапейрона найдем молярную массу:  $M = \frac{mRT}{PV} = 0,002\text{кг/моль}$ . Пользуясь

таблицей Менделеева определяем, что данную молярную массу имеет водород.

*Ответ:* водород.

**№6.** Определите абсолютную влажность воздуха, если парциальное давление пара в нем 14кПа, а температура  $60^\circ\text{C}$ .

*Решение:* Абсолютная влажность воздуха определяется плотностью водяного пара при данной температуре. Воспользуемся уравнением Менделеева – Клапейрона:  $PV = \frac{m}{M}RT$ , так как  $\rho = \frac{m}{V}$ , откуда  $\rho = \frac{MP}{RT}$ , где  $M$  – молярная масса водяного пара, равная молярной массе воды, т.е.  $M=0,018\text{кг/моль}$ ;  $1\text{кПа}=10^3\text{Па}$ ; так как  $t=60^\circ\text{C}$ , то  $T=60^\circ+273\text{K}=333\text{K}$ ;  $\rho = \frac{MP}{RT} = 0,091\text{кг/м}^3$ .

*Ответ:*  $\rho = 0,091\text{кг/м}^3$ .

**№7.** По гигрометру обнаружено появление росы при температуре  $10^\circ\text{C}$ . Какова относительная влажность воздуха, если его температура  $15^\circ\text{C}$ ?

*Решение:* При точке росы пары становятся насыщенными. По таблице можно определить парциальное давление насыщенных паров при температуре  $10^\circ\text{C}$  ( $283\text{K}$ ) и давление  $P_0$  при температуре  $15^\circ\text{C}$  ( $288\text{K}$ ). Получим:  $P_0 = 1,71 \cdot 10^3\text{Па}$ ;  $P = 1,22 \cdot 10^3\text{Па}$ . Отсюда:  $\varphi = P/P_0 \cdot 100\%$ ;  
 $\varphi = 1,22 \cdot 10^3 / 1,7 \cdot 10^3 \cdot 100\% = 71\%$ .

*Ответ:*  $\varphi = 71\%$ .

**№8.** Можно ли пользоваться психрометром на «сквозняке» или на улице на ветру?

*Ответ:* На ветру жидкость испаряется быстрее, поэтому на ветру показания влажного термометра уменьшаются. Следовательно, расчеты будут неправильными и пользоваться психрометром нельзя.

#### **Решите задачи:**

**№ 1.** Иногда из водопроводного крана вода вытекает белая, будто молоко. Чем это объясняется? (см. закон Б. Мариотта).

**№ 2.** Баллоны электрических ламп заполняют азотом при пониженной температуре и давлении. Почему заполнение производят именно при таких условиях? (см. закон Гей-Люссака).

**№ 3.** Почему роса бывает обильнее после жаркого дня?

**№ 4.** Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой  $5,4\text{кг}$ ?

*Ответ:*  $200\text{моль}$ .

**№ 5.** Зная постоянную Авогадро, найти массу молекулы и атома водорода.

**№ 6.** Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении  $200\text{кПа}$  и температуре  $240\text{K}$  его объем равен  $40\text{л}$ ?

*Ответ:*  $4\text{моль}$ .

**№ 7.** Какова масса воздуха в комнате размерами  $6 \cdot 4 \cdot 3(\text{м}^3)$  при температуре  $20^\circ\text{C}$  и давлении  $1000\text{гПа}$ ?

*Ответ:*  $86\text{кг}$ .

**№ 8.** Газ при давлении  $0,2\text{МПа}$  и температуре  $15^\circ\text{C}$  имеет объем  $5\text{л}$ . Чему равен объем той массы газа при нормальных условиях?

*Ответ:*  $9,5\text{л}$ .

**№ 9.** Какой объем займет газ при  $77^\circ\text{C}$ , если при  $27^\circ\text{C}$  его объем был  $6\text{л}$ ?

*Ответ:*  $7\text{л}$ .

**№ 10.** При температуре  $27^\circ\text{C}$  давление газа в закрытом сосуде было  $75\text{кПа}$ . Каким будет давление при температуре  $-13^\circ\text{C}$ ?

*Ответ:*  $65\text{кПа}$ .

**№ 11.** При какой температуре находился газ в закрытом сосуде, если при нагревании его на  $140\text{K}$  давление возросло в  $1,5$  раза?

*Ответ:*  $7^\circ\text{C}$ .

#### **Тема «Основы термодинамики».**

При изучении этой главы особое внимание обратите на уяснение понятий « $Q$ », « $A$ », « $U$ », т.е. «количество теплоты», «работа», «внутренняя энергия». Повторите способы теплопередачи. Объясните формулы  $Q = cm \Delta t$ ;  $Q = qm$ ;  $Q = mL$ ;  $Q = m \lambda$ . Необходимо подробно рассмотреть первый закон термодинамики, который является законом сохранения энергии.

Действительно, если система замкнутая (работа внешних сил равна нулю и отсутствует теплообмен с окружающими телами), то полная энергия системы сохраняется:  $E_{\text{мех}} + E = \text{const}$ ; где  $E_{\text{мех}}$  – механическая энергия;  $E$  – внутренняя энергия.

Первое начало термодинамики выражает математически зависимость внутренней энергии системы ( $\Delta E$ ) от выполненной над системой работы ( $A$ ) и количества сообщаемой системе

теплоты( $Q$ ):  $\Delta E=Q+A$ . Укажите, в каких случаях  $A<0$ ;  $A>0$ . Почему при нагревании изолированных твердых тел и жидкостей практически все количество теплоты расходуется на изменение внутренней энергии тела?

Проанализируйте применение первого закона термодинамики для следующих случаев:

а) нагревание воды на газе:  $A=0$ ;  $\Delta E=Q$ , где  $Q$ -количество теплоты, переданное воде за счет сгорания топлива;

б) нагревание тел при ударе:  $Q=0$ ;  $\Delta E=A$ .

Обратите внимание на то, что  $Q$ - это не внутренняя энергия тела, а только часть внутренней энергии, которую тело отдает или получает при теплообмене. Нельзя говорить, что тело содержит какое-то количество теплоты или работы, в то же время тело обладает определенной внутренней энергией.

Необходимо подробно рассмотреть теоретические основы работы теплового двигателя - циклический процесс изменения состояния газа и совершения им работы. Надо уметь объяснять отдельные части графика – цикла Карно. Объясните формулы:  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ ;  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ .

### **Что нужно знать и уметь:**

Понятия: теплообмен, количество теплоты, Работа в термодинамике, внутренняя энергия.

Четко сформулировать законы термодинамики, что показывает КПД теплового двигателя.

### **Ответьте на вопросы:**

1. Сформулируйте первый закон термодинамики.
2. Какие процессы обратимы? Необратимы?
3. Как читается второй закон термодинамики?
4. Что показывает КПД теплового двигателя?
5. Перечислите правила знаков в термодинамике.
6. Укажите применение правила знаков при записи первого начала термодинамики в конкретных случаях.

### **Примеры решения задач.**

**№1.** При быстром сжигании газа в цилиндре его температура повышается. Изменяется ли при этом внутренняя энергия газа? Написать первый закон термодинамики для этого случая.

*Решение.* Процесс можно считать адиабатическим, так как сжатие газа происходит быстро и теплообмен между газом и стенками цилиндра практически отсутствует:  $Q=0$ . При сжатии газа его внутренняя энергия увеличивается: (он нагревается) за счет работы внешней силы. Запишем первый закон термодинамики:

$$\Delta E=A+Q \text{ или } \Delta U=A+Q.$$

$$Q=0; \text{ поэтому } \Delta E=A \text{ или } \Delta U=A.$$

**№2.** При нагревании газа в цилиндре. Расширяясь, он толкает поршень. Написать первый закон термодинамики для этого случая.

*Решение.* Первый закон термодинамики в общем виде:  $\Delta U=A+Q$ ;

Где  $Q$  – количество теплоты, переданное системе. В нашем случае  $Q>0$ , работа внешних сил  $A<0$ , потому  $\Delta U=Q-A$ ;  $Q=\Delta U+A$ , т. е. подводимое количество теплоты идет на изменение внутренней энергии газа и совершение газом работы по перемещению поршня.

**№3.** При нагревании газа его объем увеличился от 60 до 100дм<sup>3</sup>. Какую работу совершил газ при расширении, если давление его осталось равным 0,4МПа?

*Решение.* Работа при изобарном процессе определяется по формуле:  $A=P\Delta V$ , откуда  $A=400 \cdot 10^3(0,1-0,06)=16 \cdot 10^3$ Дж.

**№4.** Температура пара в нагревателе паровой турбины 550°С, в холодильнике 37°С. Определить максимальное теоретическое значение КПД паровой турбины.

*Решение.* Максимальное значение КПД определяется по формуле:  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = (823\text{К} - 310\text{К})/823\text{К} =$

0,62 или 62%.

**№5.** Трактор расходует в час 20кг дизельного топлива. Определить мощность двигателя трактора, если его КПД 30%.

*Решение.* Количество теплоты, выделившейся при сгорании топлива  $Q = q m$ . За счет энергии, выделившейся при сгорании топлива, совершена механическая работа  $A = \eta q m$ , где  $q=42\text{МДж/кг}$ . Мощность двигателя  $N=A/t$ ;  $N = \eta q m / t = 0,3 \cdot 42 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 20 / 36 \cdot 10^2 = 70 \cdot 10^3 \text{Вт}$ .

***Решите задачи:***

**№ 1.** Какова внутренняя энергия 10 моль одноатомного газа при  $27^\circ\text{C}$ ?

*Ответ:* 37,4 кДж.

**№ 2.** Какую работу совершил воздух массой 290г при его изобарном нагревании на 20К и какое количество теплоты ему при этом сообщили?

*Ответ:* 1,7 кДж; 5,8кДж.

**№ 3.** Вычислить увеличение внутренней энергии 2кг водорода при повышении его температуры на 10К.

*Ответ:* 200кДж.

**№ 4.** Для приготовления ванны емкостью 200л смешали холодную воду при  $10^\circ\text{C}$  с горячей водой при  $60^\circ\text{C}$ . Какие объемы той и другой воды надо взять, чтобы температура установилась  $40^\circ\text{C}$ ?

*Ответ:* 80л и 120л.

**№ 5.** Свинцовая пуля летит со скоростью 200 м/с и попадает в земляной вал. На сколько повысилась температура пули, если 78% кинетической энергии пули превратилось во внутреннюю?

*Ответ:* 120К.

**№ 6.** Температура нагревателя идеальной тепловой машины  $117^\circ\text{C}$ , а холодильника  $27^\circ\text{C}$ . Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1с, равно 60кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1с, и мощность машины.

*Ответ:* 23%; 46кДж; 14кВт.

**№ 7.** Найти КПД тракторного двигателя, который развивает мощность 110кВт и расходует в час 28кг дизельного топлива.

*Ответ:* 34%.

Учебник Физика-10 класс, Москва, «Просвещение» 2009г, Г. Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев;