

Контрольная работа 3.**Основы термодинамики**

- Адиабатический процесс (определение). Уравнение Пуассона (формула, график).
- Укажите ошибочное утверждение из перечисленных ниже.
 - Термодинамика основана на нескольких постулатах (началах), которые не выводятся, а являются обобщением опытных фактов.
 - Молекулярная физика исходит из представлений о молекулярном строении вещества и использует методы теории вероятностей и математической статистики.
 - Микроскопические параметры вычисляются посредством усреднения по огромному числу состояний системы.
 - Молекулярная физика раскрывает физическую природу величин, которыми оперирует термодинамика.
 - Термодинамика и молекулярная (статистическая) физика изучают один и тот же объект - макросистемы – только разными методами.
- В каком процессе изменение внутренней энергии газа равно полученному количеству теплоты?
 - в изохорном, Б) в изобарном, В) в изотермическом, Г) в адиабатическом
- Какие уравнения справедливы при адиабатическом процессе с идеальным газом (обозначения общепринятые, $\gamma = C_p / C_V$):
 - $dU = 0$
 - $TV^{\gamma-1} = const$
 - $0 = \nu C_V dT + p dV$
 - $PV = \nu RT$
 - $pV^\gamma = const$
 - $V^\gamma / T = const$
- При нагревании двух молей идеального газа на $\Delta T = 10$ К изобарически требуется на ΔQ тепла меньше, чем при изохорическом нагревании трех молей того же газа на $2\Delta T$. Определите ΔQ , если $\gamma = C_p / C_V = 1,4$. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж / К · моль.
- Вычислите относительное число молекул газа, скорости которых превышают среднюю квадратичную скорость не более чем на 1% .
 Для справки: $(3 / 2\pi e)^{3/2} \approx 0,074$, $v_{кв} = \sqrt{3kT / m_0}$, $F(v) = \left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{3/2} \cdot 4\pi v^2 \cdot \exp\left(\frac{-m_0 v^2}{2kT}\right)$
- Пылинки массой $m = 10^{-21}$ кг взвешены в воздухе. Температура воздуха T , постоянная Больцмана k , величина $kT = 4 \cdot 10^{-21}$ Дж. Вычислите толщину слоя воздуха, в пределах которого концентрация пылинок различается не более чем на $\delta = 1\%$. Используйте $e^x \approx 1 + x$ при $x \ll 1$. Ответ запишите в миллиметрах.
- Идеальная холодильная машина, работающая по обратному циклу Карно, совершает за один цикл работу 37 кДж. При этом она берет тепло от тела с температурой -10 °С и передает тепло телу с температурой 17 °С. Найдите величину тепла, взятого у холодного тела.

Первый вопрос теста - основные понятия, определения, формулы:

1. Общее начало термодинамики (формулировка).
2. Внутренняя энергия (определение). Работа, совершаемая макросистемой (формула). Количество теплоты (определение).
3. Первое начало термодинамики (формулировка, формула).
4. Теплоемкость идеального газа (определение). Удельная теплоемкость (определение, формула). Молярная теплоемкость (определение, формула) Уравнение Р. Майера (формула).
5. Адиабатический процесс (определение). Уравнение Пуассона (формула, график).
6. Функция распределения молекул по модулю скорости (определение, формула, график)
7. Зависимость функции распределения Максвелла от температуры (формулы, график).
8. Функция распределения молекул по проекции скорости (определение, формула).
9. Распределение Больцмана (формула). Барометрическая формула.
10. Тепловая машина (определение). Циклические процессы (график). КПД цикла (определение, формула).
11. Цикл Карно (определение, график).

Задачи для самостоятельного решения:

Задачник А.С. Овчинникова: 10.1 – 10.24, , 11.1 – 11.7

Задачник И.Е. Иродова: Л-6, №№ 6.25–6.48

6.25. Показать, что внутренняя энергия U воздуха в комнате не зависит от температуры, если наружное давление p постоянно. Вычислить U , если p равно нормальному атмосферному давлению и объем комнаты $V=40 \text{ м}^3$.

6.26. Два теплоизолированных баллона 1 и 2 наполнены воздухом и соединены короткой трубкой с вентилем. Известны объемы баллонов, а также давление и температура воздуха в них (V_1, p_1, T_1 и V_2, p_2, T_2). Найти температуру и давление воздуха, которые установятся после открытия вентиля.

6.27. Газообразный водород, находившийся при нормальных условиях в закрытом сосуде объемом $V=5,0 \text{ л}$, охладили на $\Delta T=55 \text{ К}$. Найти приращение внутренней энергии газа и количество отданного им тепла.

6.28. Какое количество тепла надо сообщить азоту при изобарическом нагревании, чтобы газ совершил работу $A=2,0 \text{ Дж}$?

6.29. Найти молярную массу газа, если при нагревании $m=0,50 \text{ кг}$ этого газа на $\Delta T=10 \text{ К}$ изобарически требуется на $\Delta Q=1,48 \text{ кДж}$ тепла больше, чем при изохорическом нагревании.

6.30. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на $\Delta T=72 \text{ К}$, сообщив ему количество тепла $Q=1,60 \text{ кДж}$. Найти приращение его внутренней энергии и величину $\gamma=C_p/C_v$.

6.31. Два моля идеального газа при температуре $T_0=300 \text{ К}$ охладили изохорически, вследствие чего его давление уменьшилось в $n=2,0$ раза. Затем газ изобарически расширили так, что в конечном состоянии его температура стала равной первоначальной. Найти количество тепла, поглощенного газом в данном процессе.

6.32. Вычислить γ для газовой смеси, состоящей из $\nu_1=2,0$ моль кислорода и $\nu_2=3,0$ моль углекислого газа. Газы считать идеальными.

6.33. Вычислить удельные теплоемкости c_V и c_p для газовой смеси, состоящей из 7,0 г азота и 20 г аргона. Газы идеальные.

6.34. В вертикальном цилиндре под невесомым поршнем находится один моль некоторого идеального газа при температуре T . Пространство над поршнем сообщается с атмосферой. Какую работу необходимо совершить, чтобы, медленно поднимая поршень, изотермически увеличить объем газа под ним в n раз? Трения нет.

6.35. Внутри закрытого с обоих концов горизонтального цилиндра находится легкоподвижный поршень. Первоначально поршень делит цилиндр на две равные части, каждая объемом V_0 , в которых находится идеальный газ одинаковой температуры и под одним и тем же давлением p_0 . Какую работу необходимо совершить, чтобы, медленно двигая поршень, изотермически увеличить объем одной части газа в η раз по сравнению с объемом другой части?

6.36. Три моля идеального газа, находившегося при температуре $T_0=273$ К, изотермически расширили в $n=5,0$ раз и затем изохорически нагрели так, что его давление стало равным первоначальному. За весь процесс газу сообщили количество тепла $Q=80$ кДж. Найти γ для этого газа.

6.37. Один моль кислорода, находившегося при температуре $T_0=290$ К, адиабатически сжали так, что его давление возросло в $\eta=10,0$ раз. Найти:

- а) температуру газа после сжатия;
- б) работу, которая была совершена над газом.

6.38. Некоторую массу азота сжали в $\eta=5,0$ раз (по объему) один раз адиабатически, другой раз изотермически. Начальное состояние газа в обоих случаях одинаково. Найти отношение соответствующих работ, затраченных на сжатие.

6.39. Внутри закрытого теплоизолированного цилиндра с идеальным газом находится легкоподвижный теплопроводящий поршень. При равновесии поршень делит цилиндр на две равные части и температура газа равна T_0 . Поршень начали медленно перемещать. Найти температуру газа как функцию отношения η объема большей части к объему меньшей части. Показатель адиабаты газа γ .

6.40. В закрытом с обоих торцов горизонтальном цилиндре, заполненном идеальным газом с показателем адиабаты γ ,

находится поршень массы m с площадью сечения S . В положении равновесия давление газа равно p_0 и поршень делит цилиндр на две одинаковые части, каждая объемом V_0 . Найти частоту малых колебаний поршня около положения равновесия, считая процесс в газе адиабатическим и трение ничтожно малым.

6.41. Определить скорость v истечения гелия из теплоизолированного сосуда в вакуум через малое отверстие. Считать, что при этом условии скорость потока газа в сосуде пренебрежимо мала. Температура гелия в сосуде $T=1000$ К.

6.42. Объем моля идеального газа с показателем адиабаты γ изменяют по закону $V=a/T$, где a – постоянная. Найти количество тепла, полученное газом в этом процессе, если его температура испытала приращение ΔT .

6.43. Показать, что процесс, при котором работа идеального газа пропорциональна соответствующему приращению его внутренней энергии, описывается уравнением $pV^n = \text{const}$, где n — постоянная.

6.44. Найти молярную теплоемкость идеального газа при политропическом процессе $pV^n = \text{const}$, если показатель адиабаты газа равен γ . При каких значениях показателя политропы n теплоемкость газа будет отрицательной?

6.45. При некотором политропическом процессе объем аргона был увеличен в $\alpha = 4,0$ раза. Давление при этом уменьшилось в $\beta = 8,0$ раз. Найти молярную теплоемкость аргона в этом процессе, считая газ идеальным.

6.46. Один моль аргона расширили по политропе с показателем $n = 1,50$. При этом температура газа испытала приращение $\Delta T = -26$ К. Найти:

- количество полученного газом тепла;
- работу, совершенную газом.

6.47. Идеальный газ с показателем адиабаты γ расширили по закону $p = \alpha V$, где α — постоянная. Первоначальный объем газа V_0 . В результате расширения объем увеличился в η раз. Найти:

- приращение внутренней энергии газа;
- работу, совершенную газом;
- молярную теплоемкость газа в этом процессе.

6.48. Идеальный газ, показатель адиабаты которого γ , расширяют так, что сообщаемое газу тепло равно убыли его внутренней энергии. Найти:

- молярную теплоемкость газа в этом процессе;
- уравнение процесса в параметрах T, V .

6.25. $U = pV/(\gamma - 1) = 10$ МДж.

6.26. $T = \frac{T_1 T_2 (p_1 V_1 + p_2 V_2)}{p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1}$, $p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}$.

6.27. $\Delta U = -p_0 V \Delta T / T_0 (\eta - 1) = -0,25$ кДж, $Q' = -\Delta U$.

6.28. $Q = A \gamma / (\gamma - 1) = 7$ Дж.

6.29. $M = m R \Delta T / \Delta Q = 28$ г/моль.

6.30. $\Delta U = Q - R \Delta T = 1,00$ кДж, $\gamma = Q / (Q - R \Delta T) = 1,6$.

6.31. $Q = \nu R T_0 (1 - 1/n) = 2,5$ кДж.

6.32. $\gamma = \frac{\nu_1 \gamma_1 (\gamma_2 - 1) + \nu_2 \gamma_2 (\gamma_1 - 1)}{\nu_1 (\gamma_2 - 1) + \nu_2 (\gamma_1 - 1)} = 1,33$.

6.33. $c_v = 0,42$ Дж/(г·К), $c_p = 0,65$ Дж/(г·К).

6.34. $A' = RT(n - 1 - \ln n)$.

6.35. $A' = p_0 V_0 \ln[(\eta + 1)^2 / 4\eta]$.

6.36. $\gamma = 1 + (n - 1) / (Q / \nu R T_0 - \ln n) = 1,4$.

6.37. а) $T = T_0 \eta^{1-1/\gamma} = 560$ К; б) $A' = R T_0 (\eta^{1-1/\gamma} - 1) / (\gamma - 1) = 5,6$ кДж.

6.38. При адиабатическом сжатии работа больше в $n = (\eta^{\gamma-1} - 1) / (\gamma - 1) \ln \eta = 1,4$ раза.

6.39. $T = T_0 [(\eta + 1)^2 / 4\eta]^{(\gamma-1)/2}$.

6.40. $\omega = S \sqrt{2 \gamma p_0 / m V_0}$.

6.41. $v = \sqrt{2 \gamma R T / (\gamma - 1) M} = 3,3$ км/с.

6.42. $Q = R \Delta T (2 - \gamma) / (\gamma - 1)$.

6.43. $C = R(n - \gamma) / (n - 1)(\gamma - 1)$, $C < 0$ при $1 < n < \gamma$.

6.44. $C = C_v(n - \gamma) / (n - 1) = -4,2$ Дж/(К·моль), $n = \ln \beta / \ln \alpha$.

6.46. а) $Q = C_v(n - \gamma) \Delta T / (n - 1) = 0,11$ кДж; б) $A = -R \Delta T / (n - 1) = 0,43$ кДж.

6.47. а) $\Delta U = \alpha V_0^2 (\eta^2 - 1) / (\gamma - 1)$; б) $A = \alpha V_0^2 (\eta^2 - 1) / 2$;

в) $C = C_v + R/2$

6.48. а) $C = -R / (\gamma - 1)$; б) $T V^{(\gamma-1)/2} = \text{const}$.