**Индивидуальное задание № 3.**

**Молекулярная физика и термодинамика**

1.1. При нагревании газа получена линейная зави­симость давления от абсолютной температуры. Определите, сжимается или расширяет­ся газ во время нагревания.

1.2. Нарисовать на графике с координатными осями *p, V* семейство изотерм идеального газа для разных температур, каждая из которых в два раза больше предыдущей.

1.3. В цилиндре под поршнем находится газ. Объем, температуру и давление газа мож­но изменять. Изменение состояния газа при некотором круговом процессе имеет треугольный вид. Представьте эти изменения состояния на гра­фике зависимости давления газа от объема, отметив цифрами соответствующие точки.

1.4. Нарисовать на графиках с координатными осями *p, V; V,T; p,T* процессы: изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный при *γ* = 1,4.

1.5. Нагревается или охлаждается идеальный газ при расширении, если его давление *p* и объем *V* связаны формулой *p = к/Vn*, где *к* – постоянная, а *n* >1?

1.6. Состояние газа изображается некоторой точкой на *V–p* диаграмме. Начертите график изменения состояния газа, если сначала газ нагревают при постоянном давлении, а затем охлаждают при постоянном объеме.

1.7. Вычислить массу моля электронов, протонов, нейтронов.

1.8. Найти число молекул вещества в единице объема при известных плотности *ρ* и молярной массы *М*.

1.9. Дана *F*(*x*) – функция распределения величины *x* . Написать выражение для *Р*(*a ≤ x ≤ b*) – вероятности того, что значение величины *x* находится в интервале от *a* до *b*.

1.10. Какое повышение температуры идеального газа требует больше теплоты: изохорное или изобарное?

1.11. В объеме *V* = 20л смесь водорода и гелия *m* = 5г при *T* = 300К и *p* = 2∙105Па. Найти отношение массы водорода к массе гелия в смеси.



1.12. Из начального состояния, характеризуемого давлением *Р* и объемом *V* газ расширяется в одном случае изотермически, а в другом – адиабатно до одного и того же конечного объема *V2*. В каком из этих процессов окончательное давление больше и в каком совершена бо­льшая работа?

1.13. Графики каких процессов совпадают с координатными осями:

График зависимости работы, совершенной газом, от количества тепла, подведенного к объему газа, имеет вид прямых, начинающихся в начале координат. Нарисовать, какие из прямых соответствуют разным изопроцессам, и определить, как эти прямые зависят от числа степеней свободы газа.

1.14. Прямые на графике *T* = *f*(*Q*) изображают зависимость изменения температуры от количества подведенной теплоты для различных процессов изменения состояния одноатомного и двухатомного газов. Ка­ким процессам соответствуют эти прямые? Графики каких процессов совпадают с координатными осями? Начальные состоя­ния (*Т*, *V*, *Р*) обоих газов одинаковы.

1.15. Некоторое количество идеаль­ного газа переходит из состояния *А* в состояние *С* один раз посредством про­цесса *AВС*, другой раз посредством процесса *АДС*, где *АВСД* – последовательные точки на круговом процессе­ В ходе какого процесса больше ко­личество полученного газом тепла?

1.16. Чему равна теплоемкость *С* идеального газа при: а) изотермическом; б) адиабатическом процессе?

1.17. Термодинамическая система совершает произвольный термодинамический процесс. Какие из величин, характеризующие процессы (*U , S, А, Q*), являются функциями состояния системы?

1.18. К водороду H2, находящемуся в закрытом сосуде, подводится теплота. Как изменится количество теплоты, необходимое для увеличения давления газа на *∆p*, если перейти к столь низким температурам, что вращательные степени свободы молекул «вымерзнут»? Газ остается идеальным.

1.19. Как изменяется (увеличивается или уменьшается) внутренняя энергия идеального газа в равновесных процессах расширения: а) в изо­барном; б) в адиабатическом?

1.20. Поведение функции *S*(*t*) (изменение энтропии термодинамичес­кой системы) можно представить следующим образом: увеличивается, уменьшается, постоянна. Определить, какое поведение соответствует изменению энтропии изолированной смеси газов при диффузии.

1.21. Дан неизвестный газ. Можно ли узнать, какой это газ, если заданы: а) *p, V, Т, m;*  б) *p, Т, ρ*; в) *γ, Сv* (удельн.). К газу применима классическая теория теплоемкости.

1.22. По каким наборам данных можно вычислить работу газа в изо­термическом процессе?

1) *p*1*, V*1*, V*2; 2) *p*1*, V*1*, P*2; 3) *p*1*;* (*V*2 *– V*1); 4) *M, m, T*1*, p*1*, p*2; 5) количество поглощенной газом теп­лоемкости? *M* – киломольная масса газа.

1.23. Можно ли вычислить массу молекулы некоторого двухатомного газа, если заданы: а) *Сv* (удельн.); б) *M* – киломоля массы; в) *T, vкв*.

1.24. Аэростат заполнен гелием. Показать, что при *m*He = const подъемная сила неизменна, а при вытекании гелия уменьшается.



1.25. Найти, сколько гелия вытекло из аэростата, если при неизменном объеме баллона подъемная сила уменьшилась на 100кг.



1.26. При постоянном давлении объем газа увеличился на 1/350 при увеличении температуры на *∆T* = 1К. Найти начальную температуру.

*T* = 350К

1.27. Аэростат объемом *V* = 400м3 наполнен гелием при *T* = 273К. Найти изменение подъемной силы при повышении температуры на *∆T* = 20К.

*∆F* = 321Н

1.28. Найти подъемную силу аэростата объемом *V* = 1600м3 с водородом на высоте, где давление *p* = 60кПа и температура *T* = 280К. При подъеме водород выходит.

*F* = 10,9кН.

1.29. Найти подъемную силу аэростата объемом *V* = 1600м3 наполненным водородом на 87% на высоте, где давление *p* = 100кПа и температура *T* = 290К. При подъеме водород выходит.

*F* = 8,9кН.

1.30. Аэростат объемом *V* = 1600м3 наполнен водородом на 87% на поверхности Земли. Найти массу вышедшего водорода на высоте, где давление *p* = 100кПа и температура *T* = 290К. При подъеме водород выходит.

*m* = 6,2кг

1.31. Аэростат объемом *V* = 1600м3 наполнен водородом на 80% на поверхности Земли. Найти массу вышедшего водорода при поднятии аэростата на высоту, где давление *p* = 100кПа и температура *T* = 290К.

*m* = 7кг

1.32. Найти массу водорода *m*1 и гелия *m*2 в сосуде объемом *V* = 3∙10–2м3 при давлении *p* = 4,1МПа и температуре *T* = 300К, если масса смеси *m* = 120г.

*m*1 = 80г; *m*2 = 40г

1.33. Найти массу водорода *m*1 и азота *m*2 в сосуде объемом *V* = 6∙10–2м3 при давлении *p* = 153,7кПа и температуре *T* = 300К, если масса смеси *m* = 100г.

*m*1 = 72г; *m*2 = 28г

1.34. Найти массу водорода *m*1 и азота *m*2 в сосуде объемом *V* = 3∙10–2м3 при давлении *p* = 997кПа температуре *T* = 300К, если массовая доля азота в смеси равна 0,56.

*m*1 = 44г; *m*2 =56г

1.35. Найти массу водорода *m*1 и гелия *m*2 в сосуде объемом *V* = 3∙10–2м3 при давлении *p* = 29МПа и температуре *T* = 300К, если массовая доля гелия в смеси равна 0,6.

*m*1 = 400г; *m*2 = 600г

2.1. Почему при изменении скоростей в опыте Штерна след молекул серебра при не­подвижных цилиндрах резко ограни­чен, а при вращающихся размыт? Найти закон изменения плотности напыления серебра.



2.2. При какой температуре среднеквадратичная скорость атомов гелия станет равной второй космической скорости *v* = 11,2км/с.

*Т* = 20кК

2.3. Максвелловскому распределению молекул по скоростям соответствует определенное распределение молекул по энергиям, которое тоже называется максвелловским. Найти функцию распределения по энергиям.

2.4. Найти среднюю кинетическую энергию <*Wвр*1> вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре *Т* = 286К, и кинетиче­скую энергию *Wвр* вращательного движения всех молекул этого газа, если его масса *m* = 4г.

<*Wвр*1>= 3,94∙10–21Дж

2.5. Давление газа равно *p* = 1мПа, концентрация его молекул равна *n* = 1010 см–3. Определить: I) температуру *Т* газа; 2) среднюю кинетическую энергию <*W*> поступательного движения молекул газа.

*Т* = 7,25 кК; <*W*> = 1,5∙10–19 Дж.

2.6. Вычислить кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в *m* = 1кг кислорода при *t* = 47°С.

*W*вр. = 8,314 Дж.

2.7. Найти высоту, на которой содержание водорода в воздухе по отношению к углекислому газу увеличится вдвое.

 = 4,2км

2.8. Найти высоту, на которой содержание гелия в воздухе по отношению к углекислому газу увеличится вдвое.

*h* = 4,5км

2.9. Найти высоту, на которой содержание кислорода в воздухе по отношению к углекислому газу увеличится вдвое.

*h* = 14,2км

2.10. При какой температуре *Т* молекулы кислорода имеют такую же среднеквадратичную скорость <*v*кв>, как и молекулы водорода при температуре *T*1 = 100 К?

*Т* = 1,6кК.

2.11. Колба емкостью *V* = 4л содержит некоторый газ массой *m* = 0,6г под давлением *Р* = 200кПа. Определить среднеквадратич­ную скорость <*v*кв> молекул газа.

<*v*кв> = 2км/с

2.12. Найти среднюю арифметическую и наиболее вероятную скорости молекул водорода при *Т* = 400К.

*v*вер = 1,82км/с

2.13. Кинетическая энергия поступательного движения молекул азота, находящегося в баллоне объемом 0,02м3 равна 5∙103Дж, а среднеквадратичная скорость его молекул равна 2∙103м/с. Найти: I) массу азота в баллоне; 2) давление, под которым находится азот; 3) полную кинетическую энергию молекул азота.

*m* = 2,5∙I0–3 кг; *Р* = 1,67∙105Па; *W* = 1,67∙105Дж.

2.14. Найти относительное число молекул, име­ющих: I) кинетическую энергию большую, чем удвоенная средняя; 2) ки­нетическую энергию большую, чем учетверенная средняя; 3) скорость большую, чем наиболее вероятная, умноженная на 3.

1)  = 5%; 2)  = 0,25%; 3)  = *e*–9

2.15. Концентрация атомов кислорода убывает вдвое при подъеме на 5км. Найти высоту, где концентрация водорода убывает вдвое.

*h* = 80км.

2.16. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу *m* = 10-18г. Во сколько раз уменьшится их концентрация *n* при увеличении высоты на *∆h* = 10м? Температура воздуха *Т* = 300К.

*n/n0 = e*23

2.17. В баллоне, вместимостью *V* = 15л, находится смесь, содержащая *m*1 = 10г водорода, *m*2 = 54г водяного пара и *m*3 = 60г окиси углерода. Температура смеси *T* = 300К. Определить давление.

*p* = 1,69МПа

2.18. Баллон емкостью *V* = 30л содержит смесь водорода и гелия при температуре *Т* = 300К и давлении *p* = 8,2атм. Масса смеси *m* = 24г. Определить массу *m*1 водорода и массу гелия *m*2.

*m*1 = 16г; *m*2 = 8г.

2.19. Газ массой *m* = 12г занимает объем *V* = 4∙10-3м3 при температуре *T* = 280К. После нагрева газа при постоянном давлении его плотность стала равна *ρ* = 6∙10–4г/см3. Найти температуру нагревания газа.

*Т* = 1400К

2.20. Оболочка аэростата объемом *V* = 1600м3, находящегося на поверхности Земли, наполнена водородом на 7/8 при давлении *p* = 100кПа и температуре *Т* = 290К. Аэростат подняли на некоторую высоту, где давление *p*1 = 80кПа и температура *T*1 = 280К. Определить массу *m* водорода, вышедшего из оболочки аэростата при его подъеме.

 = 6,2кг

2.21. В баллонах объемом *V*1 =20л и *V*2 = 44л содержится газ. Давление в первом баллоне *p*1 = 2,4MПa, во втором *p*2 = 1,6МПа. Определить общее давление *p* и парциальные *p*1 и *p*2 после соединения бал­лонов, если температура газа осталась прежней.

*p*1 = 0,75МПа, *p*2 = 1,1 МПа, *p* = 1,85МПа

2.22. Найти плотность *ρ* газовой смеси, состоящей по массе из одной части водорода и восьми частей кислорода при давлении *p* = 100кПа и *Т* = 300К.

*ρ* = 0,402кг/м3

2.23. Два воздушных шара, объемы которых одинаковы, заполнены при одинаковом давлении: один водородом, другой гелием. У какого шара больше подъемная сила и во сколько раз?

 = 1,08

2.24. Оболочка воздушного шара имеет объем *V* = 1600м3. Найти подъемную силу *F* водорода, наполняющего оболочку, на высоте, где давление *p* = 60кПа и температура *Т* = 280К. При подъеме шара водород может выходить через отверстие в нижней части шара.

 = 10,9кН

 2.25. В баллоне емкостью *V* = 25л находится водород при температуре *Т* = 290К. После того, как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на *∆p* = 0,4МПа. Определить массу *m* израсходованного водорода.

*m* = 8,3г

2.26. В сосуде находится 14г азота и 9 г водорода при температуре *T* = 283К и давлении *p* = 1МПа. Найти: I) молярную массу смеси; 2) объем сосуда.

*M* = 4∙10-3кг/моль; 2) *V* = 11,7∙10-3м3.

2.27. В закрытый сосуд, наполненный воздухом, вводится диэтиловый эфир C2H5OC2H5. Воздух находится при нормальных условиях. После того, как весь эфир испарился, давление в сосуде стало равно 0,14МПа. Какое количество эфира было введено в сосуд? Объем сосуда *V* = 2л.

*m* = 2,5∙10-3кг

2.28. В сварочном цехе стоит 40 баллонов ацетилена (C2H2) емкостью по 40дм3 каждый. Все баллоны включены в общую магистраль. После 12 часов непрерывной работы давление во всех баллонах упало с 1,3∙107Па до 0,7∙107Па. Определить расход ацетилена за 1 минуту, если температура в цехе оставалась неизменной и равнялась 305К.

*m* = 0,137кг/мин

2.29. Найти плотность водорода при температуре *t* = 15°С и давлении *p* = 730 мм рт.с.

*ρ* = 0,081кг/м3

2.30. Во сколько раз плотность воздуха, заполняющего помещение зимой (7°С), больше плотности летом (37°С)? Давление одинаково.

*ρ*1/*ρ*2 = 1,1

2.31. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 1км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

 = 10000кг

2.32. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 2км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

*m* = 10100кг

2.33. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 3км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

*m* = 11000кг

2.34. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 5км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

*m* = 12000кг

2.35. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 10км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

*m* = 18000кг

3.1. Газ, занимавший объем *V* = 11л под давлением *p* = 1атм, был изобарически нагрет от *T1* = 293К до *T2* = 373К. Определить работу *А* расширения газа.

*А* = 300Дж

3.2. Водород, занимающий объем *V* = 10м3 при давлении *p*1 = 105Па, нагрели при постоянном объеме до давления *p*2 = 3∙105Па. Опре­делить изменение *∆U* внутренней энергии газа, работу *А*, совершае­мую газом, теплоту *Q*, сообщаемую газу.

*∆U* = 5∙I06Дж, *А* = 0, *Q = ∆U*

3.3. Кислород был нагрет при неизменном объеме *V* = 50л. При этом давление газа изменилось на *∆p* = 5атм. Найти теплоту *Q*, со­общенную газу.

*Q* = 62,5кДж

3.4. Кислород массой *m* = 2кг занимает объем *V* = 1м3 и нахо­дится под давлением *p*1 = 2атм. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема *V* = 3м3, а затем при постоянном объеме до давле­ния *p*3 = 5атм. Найти изменение *∆U* внутренней энергии газа, совер­шенная им работу *А*, теплоту *Q*, переданную газу. Построить график процесса.

*∆U* = 3,24 МДж, *A* = 6,4 МДж, *Q* = 3,64МДж

3.5. Какая работа *А* совершается при изотермическом расширении водорода массой *m* = 5кг, взятого при температуре *T* = 284К, если объем газа увеличился в 3 раза?

*A* = 6,482кДж

3.6. Сколько теплоты выделится, если азот массой *m* = 1кг, взятый при температуре T = 273К под давлением *p*1 = 1атм, изотермически сжать до давления *p*2 = 10атм?

Ответ: *Q* = 106,35Дж

3.7. При адиабатическом сжатии *m* = 1кг кислорода совершена работа *А* = 105Дж. Какова будет конечная температура *Т*2 газа, если до сжатия кислород находился при температуре *T*1 = 300К?

*T*2 = 454К

3.8. Воздух, занимавший объем *V*1 = 10л при давлении *p*1 = 1атм, был адиабатически сжат до объема *V*2 = 1л. Под каким давлением *p*2 находится воздух после сжатия?

*p*2 = 25,12атм

3.9. Определить работу *А* адиабатического расширения водорода *m* = 4кг, если температура газа понизилась на *∆T* = 10К.

*А* = 207,75Дж

3.10. Один киломоль двухатомного идеального газа совершает замкнутый прямоугольный цикл цикл, *V*2 = 1,5*V*1 = 3м3; *p*1 = 0,75*p*2 = 1,2МПа. Определить: I) теплоту *Q*1, полученную от нагревателя; 2) теплоту *Q*2, пере­данную охладителю; 3) работу *А*, совер­шаемую газом за один цикл, термический КПД *η* цикла.

*Q*1 = 7,6МДж; *Q*2 = 7,21МДж, *А* = 0,4 МДж, *η* = 5,3%

З.11. Трехатомный газ под давлением *p* = 240кПа при температуре *T* = 293К занимает объем *V* = 10л. Определить теплоемкость *Сp* этого газа при постоянном давлении.

 *Сp* = 32Дж/К

3.12. Вычислить удельные теплоемкости газа, зная, что молярная масса *M* = 4∙10–3кг/моль и отношение теплоемкостей *Сp/Сv* = 1,67.

*Ср* = 7∙103Дж/кг∙К; *Сv* = 3,1∙103 Дж/кг∙К

3.13. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем *V* = 5л. Вычислить теплоемкость этого газа при постоянном объе­ме.

*Cv* = 25 Дж/К

3.14. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Температура *T*1 нагревателя равна 500К, температура охладителя *T*2 = 250K. Определить термический КПД *η* цикла, а также работу *A1*, совершаемую рабочим телом при изотермическом расширении, если при изотермическом сжатии совершена работа *A*2 = 70Дж.

*A*1 = 140Дж, *η* = 50%

3.15. Газ, совершающий цикл Карно, получает теплоту *Q* = 84 кДж. Какую работу совершает газ, если температура *T*1 нагревателя в три раза выше температуры *T*2 охладителя?

*А* = 56 кДж.

3.16. Найти для одноатомного газа уравнение такого процесса, при котором теплоемкость газа меняется по закону *C* = 1/*T*.



3.17. Найти для одноатомного газа уравнение такого процесса, при котором теплоемкость газа меняется по закону *C* = 2/*T*.



3.18. Найти для двухатомного газа уравнение такого процесса, при котором теплоемкость газа меняется по закону *C* = 3/*T*.



3.19. Найти для многоатомного газа уравнение такого процесса, при котором теплоемкость газа меняется по закону *C* = 4/*T*.



3.20. Кислород при неизменном давлении *p*3 =8∙I04Па при нагревании увеличивает объем от *V*1 = 1м3 до *V*2 = 3м3. Определить изменение *∆U* внутренней энергии кислорода, работу *А*, совершенную им при расширении, а также теплоту *Q*, сообщенную газу.

*∆U*= 4∙105Дж, *A* = 1,6∙I05Дж, *Q* = 5,6∙104Дж

3.21. Азот нагревался при постоянном давлении, причем ему была сообщена теплота *Q* = 2,1∙104Дж. Какую работу *A* совершил при этом газ? Каково было изменение *∆U* внутренней энергии?

*А* = 6кДж, *∆U* = 15кДж

3.22. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура *T*1 наг­ревателя в четыре раза выше абсолютной температуры *T*2 охладителя. Какую долю теплоты, получаемой за один цикл от нагревателя, газ от­дает охладителю?

*δ* = 0,25

3.23. Двухатомный газ совершает цикл Карно. Объемы газа *V*2 = 12л, *V*3 = 16л. Найти КПД цикла.

*η* = 0,25

3.24. При адиабатическом сжатии газа его объем *V* уменьшился в 10 раз, а давление *p* увеличилось в 21,4 раза. Определить отношение *γ* теплоемкостей газа.

*γ* = 1.33

3.25. Плотность некоторого газа при нормальных условиях *ρ* = 1,25кг/м3. Отношение удельных теплоемкостей *γ* = 1,4. Определить удельные теплоемкости *Ср* и *Сv* этого газа.

*Сv* = 0,75 кДж/кг∙К; *Ср* = 1кДж/кг∙К.

3.26. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

 = 0,18

3.27. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 4*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,26

3.28. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 6*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,29

3.29. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 5.

*η* = 0,14

3.30. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 800К и *T*2 = 500К и двух изобар (*p*1 = 4*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,2

3.31. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 700К и *T*2 = 400К и двух изобар (*p*1 = 4*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 5.

*η* = 0,18

3.32. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 4*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 5.

*η* = 0,22

3.33. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 5000К и *T*2 = 200К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,19

3.34. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 700К и *T*2 = 400К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,17

3.35. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить, во сколько раз к.п.д. *η* этого цикла меньше к.п.д. цикла Карно, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η*2/*η*1 = 2,78

4.1. Найти увеличение энтропии моля углекислого газа при изменении его температуры в *n* = 2 раза, если процесс нагревания изохорный.

= 19Дж/(К∙моль)

4.2. Найти увеличение энтропии моля углекислого газа при изменении его температуры в *n* = 2 раза, если процесс нагревания изобарный.

= 25Дж/(К∙моль)

4.3. Найти увеличение энтропии моля кислорода при изменении его температуры в *n* = 3 раза, если процесс нагревания изохорный.

= 22,82 Дж/(К∙моль)

4.4. Найти увеличение энтропии моля кислорода при изменении его температуры в *n* = 3 раза, если процесс нагревания изобарный.

= 31,95Дж/(К∙моль)

4.5. Найти увеличение энтропии моля аргона при изменении его температуры в *n* = 5 раз, если процесс нагревания изохорный.

= 20,1 Дж/(К∙моль)

4.6. Найти увеличение энтропии моля кислорода при изменении его температуры в *n* = 5 раз, если процесс нагревания изобарный.

= 33,4 Дж/(К∙моль)

4.7. Найти, во сколько раз надо увеличить изотермически 2 моля идеального газа, чтобы энтропия увеличилась на *∆S* = 10Дж/К.

= 1,8

4.8. Пять молей идеального газа изохорно охладили, потом изобарно расширили так, что температура стала равна первоначальной. Найти *∆S*, если давление изменилось в *n* = 2 раза.

= 28,8Дж/К

4.9. Десять молей идеального газа изохорно охладили, потом изобарно расширили так, что температура стала равна первоначальной. Найти *∆S*, если давление изменилось в *n* = 3 раза.

= 91,3 Дж/К

4.10. Водород *m* =1кг адиабатически расширяют в *n* = 2 раза, а затем изобарно сжимают до первоначального объема. Найти изменение энтропии.

= –104 Дж/К

4.11. Метан *m* =2кг адиабатически расширяют в *n* = 3 раза, а затем изобарно сжимают до первоначального объема. Найти изменение энтропии.

= –1,66∙103 Дж/К

4.12. Найти изменение энтропии одного моля многоатомного газа с *γ* = 1,33, если объем увеличился в три раза, а давление уменьшилось в два раза.

= 19,34 Дж/К

4.13. Найти изменение энтропии трех молей двухатомного газа, если объем увеличился в *k* = 2 раза, а давление уменьшилось в *n* = 2,7 раз.

= 6,6 Дж/К

4.14. Найти зависимость изменения объема и давления двухатомного газа, при которой изменение энтропии равно нулю.



4.15. Найти изменение энтропии одного моля углекислого газа, если объем увеличился в два раза, а температура уменьшилась в три раза.

= –19 Дж/К

4.16. Найти изменение энтропии двух молей аргона, если объем увеличился в три раза, а температура уменьшилась в два раза.

= 0

4.17. Найти изменение энтропии одного моля гелия, если объем увеличился в два раза, а температура уменьшилась в десять раз.

= –22,4 Дж/К

4.18. Найти изменение энтропии двух молей метана при политропическом процессе с показателем политропы *n* = 2, если температура увеличилась в три раза.

= 33,5 Дж/К

4.19. Найти изменение энтропии трех молей водорода при политропическом процессе с показателем политропы *n* = 2, если температура увеличилась в два раза.

= 25,92 Дж/К

4.20. Найти изменение энтропии пяти молей гелия при политропическом процессе с показателем политропы *n* = 2, если температура увеличилась в три раза.

= 22,8 Дж/К

4.21. Давление и объем десяти молей водорода изменяются синхронно. Найти изменение энтропии, если объем увеличился в три раза.

= 547,77 Дж/К

4.22. Давление и объем двух молей гелия изменяются синхронно. Найти изменение энтропии, если объем увеличился в два раза.

= 45,9 Дж/К

4.23. Давление двухатомного газа изменяется по закону *p = p*0 *– bV*, где *p*0 = 105Па, *b* = 2. Найти, при каком объеме энтропия максимальна.

= 2,92∙104м3

4.24. Энтропия двухатомного газа изменяется по закону *S = aT + CvlnT*. Найти изменение температуры газа для *V* = 2м3, если при *V*0 = 1м3 температура *T*0 = 273К, *a* = 1

= 278,76К

 4.25. Энтропия углекислого газа изменяется по закону *S = aT + CvlnT*. Найти изменение температуры газа для *V* = 3м3, если при *V0* = 1м3 температура *T*0 = 273К, *a* = 2

= 277,56К

4.26. Энтропия гелия изменяется по закону *S = aT + CvlnT*. Найти изменение температуры газа для *V* = 5м3, если при *V*0 = 1м3 температура *T*0 = 273К, *a* = 3.

= 277,46К

4.27. В объеме *V*1 = 1м3 находится один моль азота, в объеме *V*2 = 2м3 находится два моля кислорода. Объемы соединили, и газы перемешались при постоянной температуре. Найти приращение энтропии.

= 15,87 Дж/К

 4.28. В объеме *V*1 = 2м3 находится два моля метана, в объеме *V*2 = 3м3 находится три моля водорода. Объемы соединили, и газы перемешались при постоянной температуре. Найти приращение энтропии.

= 27,96 Дж/К

4.29. В баллоне *V*1 = 0,2м3 находится два моля метана, в другом баллоне *V*2 = 0,6м3 – вакуум. Найти приращение энтропии после соединения баллонов.

= 18,26 Дж/К

4.30. В баллоне *V1* = 0,1м3 находится три моля пропана, в другом баллоне *V2* = 0,2м3 – вакуум. Найти приращение энтропии после соединения баллонов.

= 17,28 Дж/К

4.31. В результате изохорического нагревания *m* = 1кг водорода давление *p* газа увеличилось в два раза. Определить изменение *∆S* энтропии газа.

*∆S* = 7,2Дж/К.

4.32. Найти изменение энтропии *∆S* при изобарическом расширении *m* = 4г азота от объема *V1* = 5л до объема *V2* = 9л.

Ответ: *∆S* = 2,43Дж/К

4.33. Кислород (*m* = 2кг) увеличил свой объем в *n* = 5 раз. Один раз изотермически, другой адиабатически. Найти изменение энтропии *∆S* в каждом из указанных процессов.

*∆S* = 836Дж/К; *∆S* = 0

4.34. Водород (*m* = 100г) был изобарически нагрет так, что его объем увеличился в *n* = 3 раза, затем водород был изохорически охлажден так, что давление его уменьшилось в *n* = 3 раза. Найти изменение *∆S* энтропии в ходе указанных процессов.

 = 457Дж/К

4.35. Найти зависимость приращения энтропии *∆S* моля идеального газа от объема *V* при его политропическом расширении, если известны начальный объем *V*0, показатели политропы *m* и адиабаты *γ*.



4.36. Найти КПД цикла, состоящего из двух изохор и двух изобар и проходя­щего последовательно через состояния: 1) *р*, *V*; 2) 2*р*, *V*; 3) 2*р*, 2*V*; 4) *р*, 2*V*. Газ идеальный одноатомный.

*η* = 0,154

4.37. Холодильный коэффициент идеальной машины равен *κ*. Найти произво­дительность машины *К* при работе в режиме теплового насоса при тех же значениях температуры обоих термостатов.

*К* = *κ* + 1.

**Индивидуальное задание № 3.**

**Молекулярная физика и термодинамика**

1.1. При нагревании газа получена линейная зави­симость давления от абсолютной температуры. Определите, сжимается или расширяет­ся газ во время нагревания.

1.2. Нарисовать на графике с координатными осями *p, V* семейство изотерм идеального газа для разных температур, каждая из которых в два раза больше предыдущей.

1.3. В цилиндре под поршнем находится газ. Объем, температуру и давление газа мож­но изменять. Изменение состояния газа при некотором круговом процессе имеет треугольный вид. Представьте эти изменения состояния на гра­фике зависимости давления газа от объема, отметив цифрами соответствующие точки.

1.4. Нарисовать на графиках с координатными осями *p, V; V,T; p,T* процессы: изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный при *γ* = 1,4.

1.5. Нагревается или охлаждается идеальный газ при расширении, если его давление *p* и объем *V* связаны формулой *p = к/Vn*, где *к* – постоянная, а *n* >1?

1.6. Состояние газа изображается некоторой точкой на *V–p* диаграмме. Начертите график изменения состояния газа, если сначала газ нагревают при постоянном давлении, а затем охлаждают при постоянном объеме.

1.7. Вычислить массу моля электронов, протонов, нейтронов.

1.8. Найти число молекул вещества в единице объема при известных плотности *ρ* и молярной массы *М*.

1.9. Дана *F*(*x*) – функция распределения величины *x* . Написать выражение для *Р*(*a ≤ x ≤ b*) – вероятности того, что значение величины *x* находится в интервале от *a* до *b*.

1.10. Какое повышение температуры идеального газа требует больше теплоты: изохорное или изобарное?

1.11. В объеме *V* = 20л смесь водорода и гелия *m* = 5г при *T* = 300К и *p* = 2∙105Па. Найти отношение массы водорода к массе гелия в смеси.



1.12. Из начального состояния, характеризуемого давлением *Р* и объемом *V* газ расширяется в одном случае изотермически, а в другом – адиабатно до одного и того же конечного объема *V2*. В каком из этих процессов окончательное давление больше и в каком совершена бо­льшая работа?

1.13. Графики каких процессов совпадают с координатными осями:

График зависимости работы, совершенной газом, от количества тепла, подведенного к объему газа, имеет вид прямых, начинающихся в начале координат. Нарисовать, какие из прямых соответствуют разным изопроцессам, и определить, как эти прямые зависят от числа степеней свободы газа.

1.14. Прямые на графике *T* = *f*(*Q*) изображают зависимость изменения температуры от количества подведенной теплоты для различных процессов изменения состояния одноатомного и двухатомного газов. Ка­ким процессам соответствуют эти прямые? Графики каких процессов совпадают с координатными осями? Начальные состоя­ния (*Т*, *V*, *Р*) обоих газов одинаковы.

1.15. Некоторое количество идеаль­ного газа переходит из состояния *А* в состояние *С* один раз посредством про­цесса *AВС*, другой раз посредством процесса *АДС*, где *АВСД* – последовательные точки на круговом процессе­ В ходе какого процесса больше ко­личество полученного газом тепла?

1.16. Чему равна теплоемкость *С* идеального газа при: а) изотермическом; б) адиабатическом процессе?

1.17. Термодинамическая система совершает произвольный термодинамический процесс. Какие из величин, характеризующие процессы (*U , S, А, Q*), являются функциями состояния системы?

1.18. К водороду H2, находящемуся в закрытом сосуде, подводится теплота. Как изменится количество теплоты, необходимое для увеличения давления газа на *∆p*, если перейти к столь низким температурам, что вращательные степени свободы молекул «вымерзнут»? Газ остается идеальным.

1.19. Как изменяется (увеличивается или уменьшается) внутренняя энергия идеального газа в равновесных процессах расширения: а) в изо­барном; б) в адиабатическом?

1.20. Поведение функции *S*(*t*) (изменение энтропии термодинамичес­кой системы) можно представить следующим образом: увеличивается, уменьшается, постоянна. Определить, какое поведение соответствует изменению энтропии изолированной смеси газов при диффузии.

1.21. Дан неизвестный газ. Можно ли узнать, какой это газ, если заданы: а) *p, V, Т, m;*  б) *p, Т, ρ*; в) *γ, Сv* (удельн.). К газу применима классическая теория теплоемкости.

1.22. По каким наборам данных можно вычислить работу газа в изо­термическом процессе?

1) *p*1*, V*1*, V*2; 2) *p*1*, V*1*, P*2; 3) *p*1*;* (*V*2 *– V*1); 4) *M, m, T*1*, p*1*, p*2; 5) количество поглощенной газом теп­лоемкости? *M* – киломольная масса газа.

1.23. Можно ли вычислить массу молекулы некоторого двухатомного газа, если заданы: а) *Сv* (удельн.); б) *M* – киломоля массы; в) *T, vкв*.

1.24. Аэростат заполнен гелием. Показать, что при *m*He = const подъемная сила неизменна, а при вытекании гелия уменьшается.



1.25. Найти, сколько гелия вытекло из аэростата, если при неизменном объеме баллона подъемная сила уменьшилась на 100кг.



1.26. При постоянном давлении объем газа увеличился на 1/350 при увеличении температуры на *∆T* = 1К. Найти начальную температуру.

*T* = 350К

1.27. Аэростат объемом *V* = 400м3 наполнен гелием при *T* = 273К. Найти изменение подъемной силы при повышении температуры на *∆T* = 20К.

*∆F* = 321Н

1.28. Найти подъемную силу аэростата объемом *V* = 1600м3 с водородом на высоте, где давление *p* = 60кПа и температура *T* = 280К. При подъеме водород выходит.

*F* = 10,9кН.

1.29. Найти подъемную силу аэростата объемом *V* = 1600м3 наполненным водородом на 87% на высоте, где давление *p* = 100кПа и температура *T* = 290К. При подъеме водород выходит.

*F* = 8,9кН.

1.30. Аэростат объемом *V* = 1600м3 наполнен водородом на 87% на поверхности Земли. Найти массу вышедшего водорода на высоте, где давление *p* = 100кПа и температура *T* = 290К. При подъеме водород выходит.

*m* = 6,2кг

1.31. Аэростат объемом *V* = 1600м3 наполнен водородом на 80% на поверхности Земли. Найти массу вышедшего водорода при поднятии аэростата на высоту, где давление *p* = 100кПа и температура *T* = 290К.

*m* = 7кг

1.32. Найти массу водорода *m*1 и гелия *m*2 в сосуде объемом *V* = 3∙10–2м3 при давлении *p* = 4,1МПа и температуре *T* = 300К, если масса смеси *m* = 120г.

*m*1 = 80г; *m*2 = 40г

1.33. Найти массу водорода *m*1 и азота *m*2 в сосуде объемом *V* = 6∙10–2м3 при давлении *p* = 153,7кПа и температуре *T* = 300К, если масса смеси *m* = 100г.

*m*1 = 72г; *m*2 = 28г

1.34. Найти массу водорода *m*1 и азота *m*2 в сосуде объемом *V* = 3∙10–2м3 при давлении *p* = 997кПа температуре *T* = 300К, если массовая доля азота в смеси равна 0,56.

*m*1 = 44г; *m*2 =56г

1.35. Найти массу водорода *m*1 и гелия *m*2 в сосуде объемом *V* = 3∙10–2м3 при давлении *p* = 29МПа и температуре *T* = 300К, если массовая доля гелия в смеси равна 0,6.

*m*1 = 400г; *m*2 = 600г

2.1. Почему при изменении скоростей в опыте Штерна след молекул серебра при не­подвижных цилиндрах резко ограни­чен, а при вращающихся размыт? Найти закон изменения плотности напыления серебра.



2.2. При какой температуре среднеквадратичная скорость атомов гелия станет равной второй космической скорости *v* = 11,2км/с.

*Т* = 20кК

2.3. Максвелловскому распределению молекул по скоростям соответствует определенное распределение молекул по энергиям, которое тоже называется максвелловским. Найти функцию распределения по энергиям.

2.4. Найти среднюю кинетическую энергию <*Wвр*1> вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре *Т* = 286К, и кинетиче­скую энергию *Wвр* вращательного движения всех молекул этого газа, если его масса *m* = 4г.

<*Wвр*1>= 3,94∙10–21Дж

2.5. Давление газа равно *p* = 1мПа, концентрация его молекул равна *n* = 1010 см–3. Определить: I) температуру *Т* газа; 2) среднюю кинетическую энергию <*W*> поступательного движения молекул газа.

*Т* = 7,25 кК; <*W*> = 1,5∙10–19 Дж.

2.6. Вычислить кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в *m* = 1кг кислорода при *t* = 47°С.

*W*вр. = 8,314 Дж.

2.7. Найти высоту, на которой содержание водорода в воздухе по отношению к углекислому газу увеличится вдвое.

 = 4,2км

2.8. Найти высоту, на которой содержание гелия в воздухе по отношению к углекислому газу увеличится вдвое.

*h* = 4,5км

2.9. Найти высоту, на которой содержание кислорода в воздухе по отношению к углекислому газу увеличится вдвое.

*h* = 14,2км

2.10. При какой температуре *Т* молекулы кислорода имеют такую же среднеквадратичную скорость <*v*кв>, как и молекулы водорода при температуре *T*1 = 100 К?

*Т* = 1,6кК.

2.11. Колба емкостью *V* = 4л содержит некоторый газ массой *m* = 0,6г под давлением *Р* = 200кПа. Определить среднеквадратич­ную скорость <*v*кв> молекул газа.

<*v*кв> = 2км/с

2.12. Найти среднюю арифметическую и наиболее вероятную скорости молекул водорода при *Т* = 400К.

*v*вер = 1,82км/с

2.13. Кинетическая энергия поступательного движения молекул азота, находящегося в баллоне объемом 0,02м3 равна 5∙103Дж, а среднеквадратичная скорость его молекул равна 2∙103м/с. Найти: I) массу азота в баллоне; 2) давление, под которым находится азот; 3) полную кинетическую энергию молекул азота.

*m* = 2,5∙I0–3 кг; *Р* = 1,67∙105Па; *W* = 1,67∙105Дж.

2.14. Найти относительное число молекул, име­ющих: I) кинетическую энергию большую, чем удвоенная средняя; 2) ки­нетическую энергию большую, чем учетверенная средняя; 3) скорость большую, чем наиболее вероятная, умноженная на 3.

1)  = 5%; 2)  = 0,25%; 3)  = *e*–9

2.15. Концентрация атомов кислорода убывает вдвое при подъеме на 5км. Найти высоту, где концентрация водорода убывает вдвое.

*h* = 80км.

2.16. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу *m* = 10-18г. Во сколько раз уменьшится их концентрация *n* при увеличении высоты на *∆h* = 10м? Температура воздуха *Т* = 300К.

*n/n0 = e*23

2.17. В баллоне, вместимостью *V* = 15л, находится смесь, содержащая *m*1 = 10г водорода, *m*2 = 54г водяного пара и *m*3 = 60г окиси углерода. Температура смеси *T* = 300К. Определить давление.

*p* = 1,69МПа

2.18. Баллон емкостью *V* = 30л содержит смесь водорода и гелия при температуре *Т* = 300К и давлении *p* = 8,2атм. Масса смеси *m* = 24г. Определить массу *m*1 водорода и массу гелия *m*2.

*m*1 = 16г; *m*2 = 8г.

2.19. Газ массой *m* = 12г занимает объем *V* = 4∙10-3м3 при температуре *T* = 280К. После нагрева газа при постоянном давлении его плотность стала равна *ρ* = 6∙10–4г/см3. Найти температуру нагревания газа.

*Т* = 1400К

2.20. Оболочка аэростата объемом *V* = 1600м3, находящегося на поверхности Земли, наполнена водородом на 7/8 при давлении *p* = 100кПа и температуре *Т* = 290К. Аэростат подняли на некоторую высоту, где давление *p*1 = 80кПа и температура *T*1 = 280К. Определить массу *m* водорода, вышедшего из оболочки аэростата при его подъеме.

 = 6,2кг

2.21. В баллонах объемом *V*1 =20л и *V*2 = 44л содержится газ. Давление в первом баллоне *p*1 = 2,4MПa, во втором *p*2 = 1,6МПа. Определить общее давление *p* и парциальные *p*1 и *p*2 после соединения бал­лонов, если температура газа осталась прежней.

*p*1 = 0,75МПа, *p*2 = 1,1 МПа, *p* = 1,85МПа

2.22. Найти плотность *ρ* газовой смеси, состоящей по массе из одной части водорода и восьми частей кислорода при давлении *p* = 100кПа и *Т* = 300К.

*ρ* = 0,402кг/м3

2.23. Два воздушных шара, объемы которых одинаковы, заполнены при одинаковом давлении: один водородом, другой гелием. У какого шара больше подъемная сила и во сколько раз?

 = 1,08

2.24. Оболочка воздушного шара имеет объем *V* = 1600м3. Найти подъемную силу *F* водорода, наполняющего оболочку, на высоте, где давление *p* = 60кПа и температура *Т* = 280К. При подъеме шара водород может выходить через отверстие в нижней части шара.

 = 10,9кН

 2.25. В баллоне емкостью *V* = 25л находится водород при температуре *Т* = 290К. После того, как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на *∆p* = 0,4МПа. Определить массу *m* израсходованного водорода.

*m* = 8,3г

2.26. В сосуде находится 14г азота и 9 г водорода при температуре *T* = 283К и давлении *p* = 1МПа. Найти: I) молярную массу смеси; 2) объем сосуда.

*M* = 4∙10-3кг/моль; 2) *V* = 11,7∙10-3м3.

2.27. В закрытый сосуд, наполненный воздухом, вводится диэтиловый эфир C2H5OC2H5. Воздух находится при нормальных условиях. После того, как весь эфир испарился, давление в сосуде стало равно 0,14МПа. Какое количество эфира было введено в сосуд? Объем сосуда *V* = 2л.

*m* = 2,5∙10-3кг

2.28. В сварочном цехе стоит 40 баллонов ацетилена (C2H2) емкостью по 40дм3 каждый. Все баллоны включены в общую магистраль. После 12 часов непрерывной работы давление во всех баллонах упало с 1,3∙107Па до 0,7∙107Па. Определить расход ацетилена за 1 минуту, если температура в цехе оставалась неизменной и равнялась 305К.

*m* = 0,137кг/мин

2.29. Найти плотность водорода при температуре *t* = 15°С и давлении *p* = 730 мм рт.с.

*ρ* = 0,081кг/м3

2.30. Во сколько раз плотность воздуха, заполняющего помещение зимой (7°С), больше плотности летом (37°С)? Давление одинаково.

*ρ*1/*ρ*2 = 1,1

2.31. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 1км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

 = 10000кг

2.32. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 2км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

*m* = 10100кг

2.33. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 3км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

*m* = 11000кг

2.34. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 5км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

*m* = 12000кг

2.35. Найти массу воздуха в цилиндре с основанием *S* = 1м2 и высотой *h* = 10км. Воздух находится при нормальных условиях в гравитационном поле Земли.

*m* = 18000кг

3.1. Газ, занимавший объем *V* = 11л под давлением *p* = 1атм, был изобарически нагрет от *T1* = 293К до *T2* = 373К. Определить работу *А* расширения газа.

*А* = 300Дж

3.2. Водород, занимающий объем *V* = 10м3 при давлении *p*1 = 105Па, нагрели при постоянном объеме до давления *p*2 = 3∙105Па. Опре­делить изменение *∆U* внутренней энергии газа, работу *А*, совершае­мую газом, теплоту *Q*, сообщаемую газу.

*∆U* = 5∙I06Дж, *А* = 0, *Q = ∆U*

3.3. Кислород был нагрет при неизменном объеме *V* = 50л. При этом давление газа изменилось на *∆p* = 5атм. Найти теплоту *Q*, со­общенную газу.

*Q* = 62,5кДж

3.4. Кислород массой *m* = 2кг занимает объем *V* = 1м3 и нахо­дится под давлением *p*1 = 2атм. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема *V* = 3м3, а затем при постоянном объеме до давле­ния *p*3 = 5атм. Найти изменение *∆U* внутренней энергии газа, совер­шенная им работу *А*, теплоту *Q*, переданную газу. Построить график процесса.

*∆U* = 3,24 МДж, *A* = 6,4 МДж, *Q* = 3,64МДж

3.5. Какая работа *А* совершается при изотермическом расширении водорода массой *m* = 5кг, взятого при температуре *T* = 284К, если объем газа увеличился в 3 раза?

*A* = 6,482кДж

3.6. Сколько теплоты выделится, если азот массой *m* = 1кг, взятый при температуре T = 273К под давлением *p*1 = 1атм, изотермически сжать до давления *p*2 = 10атм?

Ответ: *Q* = 106,35Дж

3.7. При адиабатическом сжатии *m* = 1кг кислорода совершена работа *А* = 105Дж. Какова будет конечная температура *Т*2 газа, если до сжатия кислород находился при температуре *T*1 = 300К?

*T*2 = 454К

3.8. Воздух, занимавший объем *V*1 = 10л при давлении *p*1 = 1атм, был адиабатически сжат до объема *V*2 = 1л. Под каким давлением *p*2 находится воздух после сжатия?

*p*2 = 25,12атм

3.9. Определить работу *А* адиабатического расширения водорода *m* = 4кг, если температура газа понизилась на *∆T* = 10К.

*А* = 207,75Дж

3.10. Один киломоль двухатомного идеального газа совершает замкнутый прямоугольный цикл цикл, *V*2 = 1,5*V*1 = 3м3; *p*1 = 0,75*p*2 = 1,2МПа. Определить: I) теплоту *Q*1, полученную от нагревателя; 2) теплоту *Q*2, пере­данную охладителю; 3) работу *А*, совер­шаемую газом за один цикл, термический КПД *η* цикла.

*Q*1 = 7,6МДж; *Q*2 = 7,21МДж, *А* = 0,4 МДж, *η* = 5,3%

З.11. Трехатомный газ под давлением *p* = 240кПа при температуре *T* = 293К занимает объем *V* = 10л. Определить теплоемкость *Сp* этого газа при постоянном давлении.

 *Сp* = 32Дж/К

3.12. Вычислить удельные теплоемкости газа, зная, что молярная масса *M* = 4∙10–3кг/моль и отношение теплоемкостей *Сp/Сv* = 1,67.

*Ср* = 7∙103Дж/кг∙К; *Сv* = 3,1∙103 Дж/кг∙К

3.13. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем *V* = 5л. Вычислить теплоемкость этого газа при постоянном объе­ме.

*Cv* = 25 Дж/К

3.14. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Температура *T*1 нагревателя равна 500К, температура охладителя *T*2 = 250K. Определить термический КПД *η* цикла, а также работу *A1*, совершаемую рабочим телом при изотермическом расширении, если при изотермическом сжатии совершена работа *A*2 = 70Дж.

*A*1 = 140Дж, *η* = 50%

3.15. Газ, совершающий цикл Карно, получает теплоту *Q* = 84 кДж. Какую работу совершает газ, если температура *T*1 нагревателя в три раза выше температуры *T*2 охладителя?

*А* = 56 кДж.

3.16. Найти для одноатомного газа уравнение такого процесса, при котором теплоемкость газа меняется по закону *C* = 1/*T*.



3.17. Найти для одноатомного газа уравнение такого процесса, при котором теплоемкость газа меняется по закону *C* = 2/*T*.



3.18. Найти для двухатомного газа уравнение такого процесса, при котором теплоемкость газа меняется по закону *C* = 3/*T*.



3.19. Найти для многоатомного газа уравнение такого процесса, при котором теплоемкость газа меняется по закону *C* = 4/*T*.



3.20. Кислород при неизменном давлении *p*3 =8∙I04Па при нагревании увеличивает объем от *V*1 = 1м3 до *V*2 = 3м3. Определить изменение *∆U* внутренней энергии кислорода, работу *А*, совершенную им при расширении, а также теплоту *Q*, сообщенную газу.

*∆U*= 4∙105Дж, *A* = 1,6∙I05Дж, *Q* = 5,6∙104Дж

3.21. Азот нагревался при постоянном давлении, причем ему была сообщена теплота *Q* = 2,1∙104Дж. Какую работу *A* совершил при этом газ? Каково было изменение *∆U* внутренней энергии?

*А* = 6кДж, *∆U* = 15кДж

3.22. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура *T*1 наг­ревателя в четыре раза выше абсолютной температуры *T*2 охладителя. Какую долю теплоты, получаемой за один цикл от нагревателя, газ от­дает охладителю?

*δ* = 0,25

3.23. Двухатомный газ совершает цикл Карно. Объемы газа *V*2 = 12л, *V*3 = 16л. Найти КПД цикла.

*η* = 0,25

3.24. При адиабатическом сжатии газа его объем *V* уменьшился в 10 раз, а давление *p* увеличилось в 21,4 раза. Определить отношение *γ* теплоемкостей газа.

*γ* = 1.33

3.25. Плотность некоторого газа при нормальных условиях *ρ* = 1,25кг/м3. Отношение удельных теплоемкостей *γ* = 1,4. Определить удельные теплоемкости *Ср* и *Сv* этого газа.

*Сv* = 0,75 кДж/кг∙К; *Ср* = 1кДж/кг∙К.

3.26. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

 = 0,18

3.27. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 4*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,26

3.28. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 6*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,29

3.29. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 5.

*η* = 0,14

3.30. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 800К и *T*2 = 500К и двух изобар (*p*1 = 4*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,2

3.31. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 700К и *T*2 = 400К и двух изобар (*p*1 = 4*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 5.

*η* = 0,18

3.32. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 4*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 5.

*η* = 0,22

3.33. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 5000К и *T*2 = 200К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,19

3.34. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 700К и *T*2 = 400К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить к.п.д. *η* цикла, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η* = 0,17

3.35. Цикл состоит из двух изотерм при *T*1 = 600К и *T*2 = 300К и двух изобар (*p*1 = 2*p*2). Определить, во сколько раз к.п.д. *η* этого цикла меньше к.п.д. цикла Карно, если рабочим веществом служит идеальный газ, число степеней свободы которого *i* = 3.

*η*2/*η*1 = 2,78

4.1. Найти увеличение энтропии моля углекислого газа при изменении его температуры в *n* = 2 раза, если процесс нагревания изохорный.

= 19Дж/(К∙моль)

4.2. Найти увеличение энтропии моля углекислого газа при изменении его температуры в *n* = 2 раза, если процесс нагревания изобарный.

= 25Дж/(К∙моль)

4.3. Найти увеличение энтропии моля кислорода при изменении его температуры в *n* = 3 раза, если процесс нагревания изохорный.

= 22,82 Дж/(К∙моль)

4.4. Найти увеличение энтропии моля кислорода при изменении его температуры в *n* = 3 раза, если процесс нагревания изобарный.

= 31,95Дж/(К∙моль)

4.5. Найти увеличение энтропии моля аргона при изменении его температуры в *n* = 5 раз, если процесс нагревания изохорный.

= 20,1 Дж/(К∙моль)

4.6. Найти увеличение энтропии моля кислорода при изменении его температуры в *n* = 5 раз, если процесс нагревания изобарный.

= 33,4 Дж/(К∙моль)

4.7. Найти, во сколько раз надо увеличить изотермически 2 моля идеального газа, чтобы энтропия увеличилась на *∆S* = 10Дж/К.

= 1,8

4.8. Пять молей идеального газа изохорно охладили, потом изобарно расширили так, что температура стала равна первоначальной. Найти *∆S*, если давление изменилось в *n* = 2 раза.

= 28,8Дж/К

4.9. Десять молей идеального газа изохорно охладили, потом изобарно расширили так, что температура стала равна первоначальной. Найти *∆S*, если давление изменилось в *n* = 3 раза.

= 91,3 Дж/К

4.10. Водород *m* =1кг адиабатически расширяют в *n* = 2 раза, а затем изобарно сжимают до первоначального объема. Найти изменение энтропии.

= –104 Дж/К

4.11. Метан *m* =2кг адиабатически расширяют в *n* = 3 раза, а затем изобарно сжимают до первоначального объема. Найти изменение энтропии.

= –1,66∙103 Дж/К

4.12. Найти изменение энтропии одного моля многоатомного газа с *γ* = 1,33, если объем увеличился в три раза, а давление уменьшилось в два раза.

= 19,34 Дж/К

4.13. Найти изменение энтропии трех молей двухатомного газа, если объем увеличился в *k* = 2 раза, а давление уменьшилось в *n* = 2,7 раз.

= 6,6 Дж/К

4.14. Найти зависимость изменения объема и давления двухатомного газа, при которой изменение энтропии равно нулю.



4.15. Найти изменение энтропии одного моля углекислого газа, если объем увеличился в два раза, а температура уменьшилась в три раза.

= –19 Дж/К

4.16. Найти изменение энтропии двух молей аргона, если объем увеличился в три раза, а температура уменьшилась в два раза.

= 0

4.17. Найти изменение энтропии одного моля гелия, если объем увеличился в два раза, а температура уменьшилась в десять раз.

= –22,4 Дж/К

4.18. Найти изменение энтропии двух молей метана при политропическом процессе с показателем политропы *n* = 2, если температура увеличилась в три раза.

= 33,5 Дж/К

4.19. Найти изменение энтропии трех молей водорода при политропическом процессе с показателем политропы *n* = 2, если температура увеличилась в два раза.

= 25,92 Дж/К

4.20. Найти изменение энтропии пяти молей гелия при политропическом процессе с показателем политропы *n* = 2, если температура увеличилась в три раза.

= 22,8 Дж/К

4.21. Давление и объем десяти молей водорода изменяются синхронно. Найти изменение энтропии, если объем увеличился в три раза.

= 547,77 Дж/К

4.22. Давление и объем двух молей гелия изменяются синхронно. Найти изменение энтропии, если объем увеличился в два раза.

= 45,9 Дж/К

4.23. Давление двухатомного газа изменяется по закону *p = p*0 *– bV*, где *p*0 = 105Па, *b* = 2. Найти, при каком объеме энтропия максимальна.

= 2,92∙104м3

4.24. Энтропия двухатомного газа изменяется по закону *S = aT + CvlnT*. Найти изменение температуры газа для *V* = 2м3, если при *V*0 = 1м3 температура *T*0 = 273К, *a* = 1

= 278,76К

 4.25. Энтропия углекислого газа изменяется по закону *S = aT + CvlnT*. Найти изменение температуры газа для *V* = 3м3, если при *V0* = 1м3 температура *T*0 = 273К, *a* = 2

= 277,56К

4.26. Энтропия гелия изменяется по закону *S = aT + CvlnT*. Найти изменение температуры газа для *V* = 5м3, если при *V*0 = 1м3 температура *T*0 = 273К, *a* = 3.

= 277,46К

4.27. В объеме *V*1 = 1м3 находится один моль азота, в объеме *V*2 = 2м3 находится два моля кислорода. Объемы соединили, и газы перемешались при постоянной температуре. Найти приращение энтропии.

= 15,87 Дж/К

 4.28. В объеме *V*1 = 2м3 находится два моля метана, в объеме *V*2 = 3м3 находится три моля водорода. Объемы соединили, и газы перемешались при постоянной температуре. Найти приращение энтропии.

= 27,96 Дж/К

4.29. В баллоне *V*1 = 0,2м3 находится два моля метана, в другом баллоне *V*2 = 0,6м3 – вакуум. Найти приращение энтропии после соединения баллонов.

= 18,26 Дж/К

4.30. В баллоне *V1* = 0,1м3 находится три моля пропана, в другом баллоне *V2* = 0,2м3 – вакуум. Найти приращение энтропии после соединения баллонов.

= 17,28 Дж/К

4.31. В результате изохорического нагревания *m* = 1кг водорода давление *p* газа увеличилось в два раза. Определить изменение *∆S* энтропии газа.

*∆S* = 7,2Дж/К.

4.32. Найти изменение энтропии *∆S* при изобарическом расширении *m* = 4г азота от объема *V1* = 5л до объема *V2* = 9л.

Ответ: *∆S* = 2,43Дж/К

4.33. Кислород (*m* = 2кг) увеличил свой объем в *n* = 5 раз. Один раз изотермически, другой адиабатически. Найти изменение энтропии *∆S* в каждом из указанных процессов.

*∆S* = 836Дж/К; *∆S* = 0

4.34. Водород (*m* = 100г) был изобарически нагрет так, что его объем увеличился в *n* = 3 раза, затем водород был изохорически охлажден так, что давление его уменьшилось в *n* = 3 раза. Найти изменение *∆S* энтропии в ходе указанных процессов.

 = 457Дж/К

4.35. Найти зависимость приращения энтропии *∆S* моля идеального газа от объема *V* при его политропическом расширении, если известны начальный объем *V*0, показатели политропы *m* и адиабаты *γ*.



4.36. Найти КПД цикла, состоящего из двух изохор и двух изобар и проходя­щего последовательно через состояния: 1) *р*, *V*; 2) 2*р*, *V*; 3) 2*р*, 2*V*; 4) *р*, 2*V*. Газ идеальный одноатомный.

*η* = 0,154

4.37. Холодильный коэффициент идеальной машины равен *κ*. Найти произво­дительность машины *К* при работе в режиме теплового насоса при тех же значениях температуры обоих термостатов.

*К* = *κ* + 1.