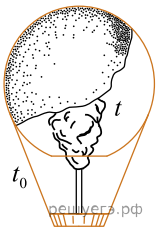
1. Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 2 кг. Шар наполняют гелием при атмосферном давлении 10^5 Па. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар начнет поднимать сам себя. Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна $0\ ^\circ\mathrm{C}$. (Площадь сферы $S = 4\pi R^2$, объем шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.)

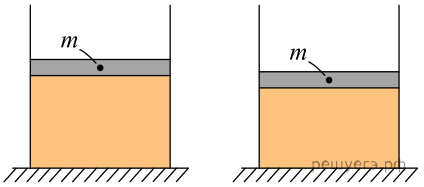
2. Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и наполнен гелием. Какова масса гелия в шаре, если на высоте, где температура воздуха 17 °C, а давление 10^5 Па, шар может удерживать в воздухе груз массой 225 кг? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

3. Теплоизолированный цилиндр разделен подвижным теплопроводным поршнем на две части. В одной части цилиндра находится гелий, а в другой — аргон. В начальный момент температура гелия равна 300 К, а аргона — 900 К; объемы, занимаемые газами, одинаковы, а поршень находится в равновесии. Поршень медленно перемещается без трения. Теплоемкость поршня и цилиндра пренебрежимо мала. Чему равно отношение внутренней энергии гелия после установления теплового равновесия к его энергии в начальный момент?

4. Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объем $V = 230$ м^3, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0$ °C. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



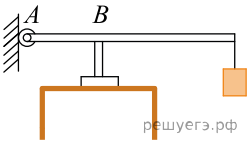
5. В вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками под поршнем массой $m = 10$ кг и площадью поперечного сечения $S = 50$ см^2 находится разреженный газ (см. рис.). При движении сосуда по вертикали с ускорением, направленным вверх и равным по модулю $a = 1$ м/с^2, высота столба газа под поршнем постоянна и на 5 % меньше, чем в покоящемся сосуде. Считая температуру газа под поршнем неизменной, а наружное давление постоянным, найдите это наружное давление. Масса газа под поршнем постоянна.



6. В гладком вертикальном цилиндре под подвижным поршнем массой $M = 25$ кг и площадью $S = 500$ см^2 находится идеальный одноатомный газ при температуре $T = 300$ К. Поршень в равновесии располагается на высоте $h = 50$ см над дном цилиндра. После сообщения газу некоторого количества теплоты поршень приподнялся, а газ нагрелся. Найдите удельную теплоемкость газа в данном процессе. Давление в окружающей цилиндр среде равно $p_0 = 10^4$ Па, масса газа в цилиндре $m = 0{,}6$ г.

7. Гелий в количестве $\nu = 1/20$ моля находится в горизонтальном закрепленном цилиндре с поршнем, который может без трения перемещаться в цилиндре и вначале удерживается в равновесии силой $F_1 = 280$ Н. При этом среднеквадратичная скорость движения атомов гелия составляет $u_1 = 1400$ м/с. Затем гелий стали охлаждать, а поршень медленно сдвигать, постепенно уменьшая действующую на него силу. Когда эта сила равнялась $F_2 = 150$ Н, среднеквадратичная скорость движения атомов гелия стала равной $u_2 = 1200$ м/с. На какое расстояние Δl при этом сдвинулся поршень? Внешним давлением пренебречь.

8. В цилиндр объемом $0{,}5$ м^3 насосом закачивается воздух со скоростью 0,002 кг/с. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке A (см. рис.).

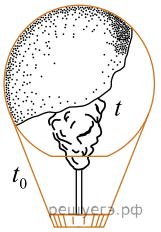


К свободному концу стержня длиной 0,5 м подвешен груз массой 2 кг. Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия $5 \cdot 10^{-4}$ м^2. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К. Определите длину AB. Стержень считать невесомым.

9. В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится некоторое количество воздуха под давлением $p = 1{,}5$ атм. Поршень находится в равновесии на высоте $H_1 = 20$ см над дном сосуда. Определите, на какое расстояние ΔH сместится поршень, если сосуд перевернуть открытым концом вниз и дождаться установления равновесия. Считать температуру воздуха и атмосферное давление $p_0 = 1$ атм постоянными. Массой воздуха в сосуде по сравнению с массой поршня можно пренебречь.

10. В гладком вертикальном цилиндре под подвижным поршнем массой M и площадью S находится идеальный одноатомный газ. Поршень в равновесии располагается на высоте h над дном цилиндра. После сообщения газу количества теплоты Q поршень приподнялся, а газ нагрелся. Найдите, на какой высоте H над дном цилиндра находится поршень. Давление в окружающей цилиндр среде равно p_0.

11. Воздух в воздушном шаре, оболочка которого имеет массу $M = 400$ кг и объем $V = 2500$ м^3, нагревают горелкой через отверстие снизу. Окружающий воздух имеет температуру $t_0 = 7$ °C и плотность $\rho_0 = 1{,}2$ кг/м^3. При какой минимальной разности температур шар сможет поднять груз массой $m = 200$ кг? Оболочка шара нерастяжима.



12. В горизонтально лежащей пробирке находится воздух, заблокированный ртутью. Уровень воздуха в горизонтальном состоянии 24 см, длина столбика ртути 21 см. Пробирку переворачивают в вертикальное положение так, что отпаянная часть пробирки находится сверху. Каков будет уровень воздуха в вертикальном положении, если длина ртути не меняется, а атмосферное давление составляет 739 мм рт. ст.? Температуру воздуха в трубке считать постоянной.

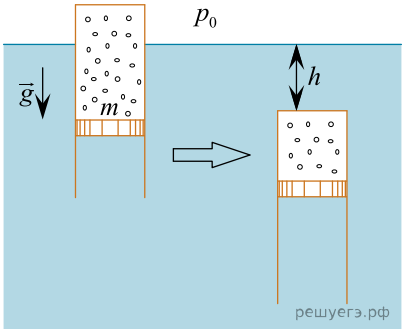
13. Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и содержит 100 кг гелия. Какой груз он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха 17 °C, а давление 10^5 Па? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

14. В горизонтальной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной 15 см, который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на 60 К. При этом объем, занимаемый воздухом, не изменился. Давление атмосферы в лаборатории — 750 мм рт. ст. Какова температура воздуха в лаборатории?

15. Для того чтобы совершить полет, изобретатель массой 60 кг решил использовать 5000 воздушных шариков с гелием. До какого объема необходимо надуть шар, чтобы изобретатель поднялся в воздух при нормальном атмосферном давлении и температуре воздуха T = 27 °C. Массой оболочки шаров и объемом изобретателя пренебречь.

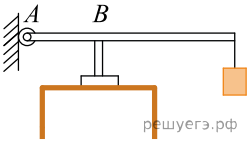
16. В горизонтально расположенной трубке с одним закрытым концом с помощью столбика ртути заперт воздух при температуре 27 °С. Затем трубку переворачивают вертикально открытым концом вверх и нагревают на 60 °С, в результате чего объем запертого воздуха становится таким же, как и был в горизонтальном положении. Найдите d — высоту столбика ртути, если атмосферное давление равно 750 мм рт. ст.

17. Тонкостенный цилиндр с воздухом закрыт снизу поршнем массой $m = 1$ кг, который может без трения перемещаться в цилиндре. Цилиндр плавает в вертикальном положении в воде при температуре $T = 293$ К (см. рис.). Когда цилиндр опустили при постоянной температуре на глубину $h = 1$ м (от поверхности воды до его верхней крышки), он потерял плавучесть. Какое количество воздуха было в цилиндре? Атмосферное давление равно $p_0 = 10^5$ Па, масса цилиндра и воздуха в цилиндре гораздо меньше массы поршня.



18. Мальчик решил подняться в воздух на воздушных шарах с гелием. Известно, что мальчик весит 40 кг, а на улице нормальное атмосферное давление и температура 27 °С. Учитывая, что объем одного шара составляет 10 литров, найдите, сколько потребуется шаров для такого путешествия. Массой оболочки шаров и объемом мальчика пренебречь.

19. В цилиндр объемом $0{,}5$ м^3 насосом закачивается воздух со скоростью $0{,}002$ кг/с. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке A (см. рис.).



К свободному концу стержня подвешен груз массой 2 кг. Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия $5 \cdot 10^{-4}$ м^2, расстояние AB равно 0,1 м. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К. Определите длину стержня, если его можно считать невесомым.

20. В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300$ К находится открытый цилиндрический сосуд (рис. 1). Высота сосуда $L = 50$ см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры T_1. В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится $h = 40$ см (рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0. Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится $H = 46$ см (рис. 3). Чему равна температура T_1? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.

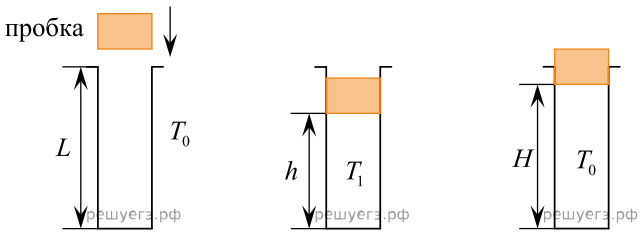
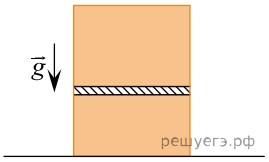


Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3

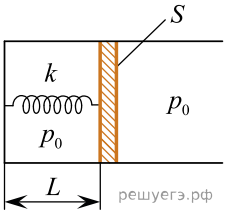
21. Вертикально расположенный замкнутый цилиндрический сосуд высотой 50 см разделен подвижным поршнем весом 110 Н на две части, в каждой из которых содержится одинаковое количество идеального газа при температуре 361 К.



Сколько молей газа находится в каждой части цилиндра, если поршень находится на высоте 20 см от дна сосуда? Толщиной поршня пренебречь.

22. В горизонтально расположенной трубке с одним закрытым концом с помощью столбика ртути длиной 7,5 см заперт воздух при температуре 27 °С. Затем трубку переворачивают вертикально открытым концом вверх и нагревают, в результате чего объем запертого воздуха становится таким же, как и был в горизонтальном положении. Насколько изменилась температура внутри колбы, если атмосферное давление равно 750 мм рт. ст.

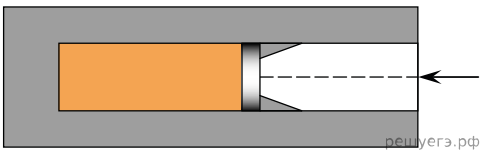
23. В горизонтальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем с площадью S находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединен с основанием цилиндра пружиной с жесткостью k. В начальном состоянии расстояние между поршнем и основанием цилиндра равно L, а давление газа в цилиндре равно внешнему атмосферному давлению p_0 (см. рис.). Какое количество теплоты Q передано затем газу, если в результате поршень медленно переместился вправо на расстояние b?



24. Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объем каждого сосуда $V = 1$ м^3. В первом сосуде находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 450$ К; во втором — $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре $T_2 = 300$ К. Кран открывают. Определите давление в сосудах после установления равновесного состояния.

25. Сосуд объемом 10 л содержит смесь водорода и гелия общей массой 2 г при температуре 27 °С и давлении 200 кПа. Каково отношение массы водорода к массе гелия в смеси?

26. В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр (см. рис.). В цилиндре находится гелий, запертый поршнем.

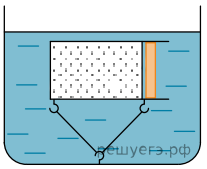


Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нем. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Чему равно количество вещества гелия в цилиндре? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с цилиндром и поршнем.

27. В холодное зимнее время хозяева квартиры стали замерзать при температуре в комнате $t = +18$ °С и, включив дополнительный обогреватель, добились повышения температуры на $\Delta t = 4$ °С. На сколько при этом изменилась масса воздуха в комнате? Площадь комнаты $S = 20$ м^2, высота потолка $h = 2{,}5$ м, атмосферное давление $p = 10^5$ Па, воздух в комнате свободно сообщается с атмосферой.

28. В горизонтальной стеклянной трубке, запаянной с одного конца, находится столбик неизвестной жидкости длиной l = 100 мм, который запирает столбик воздуха длиной l_1 = 216 мм. Трубку переворачивают в вертикальное положение запаянным концом вверх, длина столбика воздуха при этом становится равной l_2 = 250 мм. Найдите плотность неизвестной жидкости ρ, если трубка находится в воздухе при нормальном атмосферном давлении.

29. Сосуд с воздухом, отделенным от атмосферы поршнем, поместили в сосуд с водой и прикрепили ко дну кастрюли нитью, не дающей сосуду всплыть на поверхность. Начальная температура воздуха в сосуде и воды в кастрюле t_1 = 18 °С. Кастрюлю помещают в холодильник. Ниже какой температуры t_2 должна охладиться вода, чтобы сосуд опустился на дно кастрюли?



Начальный объем воздуха в сосуде V_1 = 2 дм^3. Масса сосуда с поршнем m = 2,2 кг. Сосуд и поршень изготовлены из стали, плотность которой $\rho = 7800$ кг/м^3. Поршень может скользить без трения со стенками сосуда. Считать массу воздуха в сосуде намного меньшей, чем масса сосуда с поршнем.

30. Воздушный шар объемом $V = 1500$ м^3 с массой оболочки $m_{об} = 400$ кг имеет внизу отверстие через которое воздух в шаре нагревается горелкой при нормальном атмосферном давлении. Окружающий воздух имеет температуру 17 °С. При какой минимальной разности температур шар сможет поднять груз массой $m = 200$ кг? Оболочка шара нерастяжима.

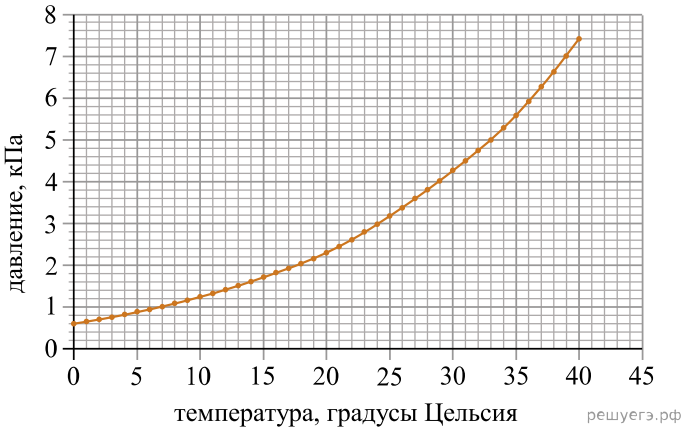
31. Закрытый вертикальный цилиндрический сосуд, заполненный идеальным газом, разделён на две части тяжёлым поршнем, способным скользить без трения. В начальном равновесном состоянии в верхней и нижней частях сосуда находилось по ν = 1 моль газа, а отношение объёмов верхней и нижней частей сосуда было равно 2. После того как из верхней части сосуда полностью откачали газ, через длительный промежуток времени установилось новое состояние равновесия. Найдите отношение объёмов верхней и нижней частей сосуда после откачки газа. Температура газа T в обеих частях сосуда всё время поддерживалась одинаковой и постоянной.

32. Горизонтально закрепленная пробирка со столбиком ртути, длиной 1 см, вращается с угловой скоростью 10 с$^{-1}$. Во сколько раз нужно увеличить температуру внутри пробирки, чтобы столбик ртути не сдвинулся при увеличении угловой скорости в 4 раза. Начальная температура ртути 0 °С. Расстояние от оси вращения до центра массы ртути 20 см. Давление снаружи пробирки считать атмосферным.

33. Закрытый сверху вертикальный цилиндрический сосуд, заполненный идеальным газом, разделен тяжелым поршнем, способным скользить без трения, на две части. В начальном равновесном состоянии в верхней и нижней частях сосуда находилось по 1 моль газа, а отношение объемов верхней и нижней частей сосуда было равно 2. После того, как количество газа в нижней части сосуда уменьшили на $\Delta\nu$, соотношение объемов верхней и нижней части стало равно 3. Температура поддерживалась постоянной, найдите $\Delta\nu$ (процесс перехода был длительный).

34. В большом помещении с размерами 6 × 10 × 3 м^3 в зимние холода при температуре t_1 парциальное давление водяного пара в воздухе составляло $p_{п1} = 700$ Па а относительная влажность воздуха равнялась при этом $\varphi_1 = 50\%$. После обогрева помещения температура в нем поднялась до значения t_2 = 25 °C, а относительная влажность снизилась до $\varphi_2 = 25\%$. Используя приведенный на рисунке график, найдите, как и на сколько в результате обогрева изменилась масса m паров воды в данном помещении.

Зависимость давления насыщенных паров воды от температуры



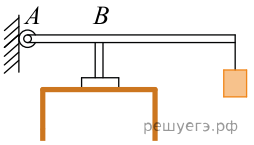
35. В сосуде под поршнем находится влажный воздух при давлении p_1 = 120 кПа и температуре t = 80 °C с относительной влажностью $\varphi = 70\%$. Объем под поршнем уменьшают в три раза при постоянной температуре. Каким станет давление влажного воздуха под поршнем? Давление насыщенных паров воды $p_н$ при температуре t = 80 °C равно 47,3 кПа.

36. В закрытом сосуде объемом V = 30 л находится влажный воздух массой m = 45 г при температуре t = 80 °C и давлении p = 160 кПа. Определите относительную влажность воздуха, находящегося в сосуде. Давление $p_н$ насыщенных паров воды при температуре 80 °C равно 47 кПа.

37. В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения S, ограниченном сверху подвижным поршнем массой M = 1 кг, находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находился на высоте H = 13 см от дна сосуда. Если на поршень положить груз массой m = 0,5 кг, то он окажется на высоте h = 12 см от дна сосуда. Определите площадь поперечного сечения поршня. Воздух считать идеальным газом, а его температуру — неизменной. Атмосферное давление принять равным 10^5 Па. Трение между стенками сосуда и поршнем не учитывать.

38. В закрытом сосуде находится влажный воздух массой 40 г при температуре 90 °C и давлении $p = 2 \cdot 10^5$ Па. Масса пара в сосуде равно 5 г. Определите объем сосуда.

39. В цилиндр объемом 0,5 м^3 насосом закачивается воздух со скоростью 0,002 кг/с. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке A (см. рис.). К свободному концу стержня подвешен груз массой 2 кг. Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия $5 \cdot 10^{-4}$ м^2, расстояние AB равно 0,1 м. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 K. Определите длину стержня, если его считать невесомым.



40. Со дна озера медленно поднимается пузырек воздуха. У дна озера пузырёк имел объём $V_1 = 2$ см^3. Объём пузырька V_2 на расстоянии $h = 1$ м от поверхности воды 3 см^3. Найдите глубину озера. Давление воздуха на уровне поверхности воды равно нормальному атмосферному давлению. Силы поверхностного натяжения не учитывать, температуры воды и воздуха в пузырьке считать постоянными.

41. В гладком вертикальном цилиндре под невесомым поршнем при температуре $t = 100$ °C находится воздух с относительной влажностью 20%. На поршень медленно насыпают песок. Чему равна масса песка, насыпанного на поршень, когда объем цилиндра под поршнем уменьшился в 6 раз, а на стенках цилиндра выступила роса массой $m = 0{,}2$ г? Температура постоянна. Атмосферное давление нормальное. Высота поршня над дном сосуде в начале процесса равна $H = 2$ м.

42. Вертикальный цилиндрический сосуд с влажным воздухом влажностью φ закрыт невесомым поршнем площадью S, способным скользить без трения. В начальном состоянии поршень находится в равновесии. На поршень медленно насыпают песок. Определите минимальную массу песка m, при которой на стенках сосуда появится роса. Температура в сосуде поддерживается постоянной. Внешнее атмосферное давление равняется p_0.

43. Теплоизолированный цилиндр, расположенный горизонтально, разделён подвижным теплопроводящим поршнем на две части. В одной части цилиндра находится гелий, а в другой аргон. В начальный момент температура гелия равна 600 К, а аргона — 900 К, объемы, занимаемые газами, одинаковы, а поршень находится в равновесии. Во сколько раз изменится объём, занимаемый гелием, после установления теплового равновесия, если поршень перемещается без трения? Теплоёмкостью цилиндра и поршня пренебречь.

44. В сосуде под поршнем находится воздух с относительной влажностью $\varphi = 50\%$. Объем воздуха изотермически уменьшили в 4 раз. Какая часть α исходного количества водяных паров сконденсировалась при сжатии?

45. Сосуд разделён тонкой перегородкой на две части, отношение объёмов которых $\dfrac{V_2}{V_1} = 3$. В первой и второй частях сосуда находится воздух с относительной влажностью $\varphi = 60\%$ и $\varphi = 70\%$ соответственно. Какой будет относительная влажность воздуха в сосуде, если перегородку убрать? Считать, что температура воздуха в частях сосуда одинакова и не меняется до и после снятия перегородки.

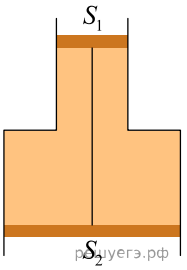
46. В жёсткий теплоизолированный пустой сосуд объёмом $V = 25$ л напустили $\nu_1 = 0{,}5$ моль гелия со среднеквадратичной скоростью атомов $\upsilon_1 = 1400$ м/с, а затем добавили ещё $\nu_2 = 0{,}5$ моль неона со среднеквадратичной скоростью атомов $\upsilon_2 = 620$ м/с. Какое давление p установится в сосуде после достижения равновесного состояния?

47. После похолодания дом в деревне сильно остыл, и температура в нём снизилась до $t_1 = 15°\text{C}$, а относительная влажность увеличилась до $\varphi_1 = 90\%$. Хозяева решили сильно протопить печь, имеющуюся в доме, и довели температуру до $t_2 = 30°\text{C}$, при этом относительная влажность уменьшилась до $\varphi_2 = 40\%$. Найдите, как и на сколько изменилась в этом процессе масса m влажного воздуха, находящегося в доме, если его объём $V = 150$ м^3. Дом сообщается с внешней средой, и можно считать, что давление внутри и снаружи было всё время одинаково и равно $p = 10^5$ Па. Давления насыщенных паров воды при данных температурах равны, соответственно, $p_{\text{н}1} = 1{,}7$ кПа и $p_{\text{н}2} = 4{,}2$ кПа.

48. Общая масса газонепроницаемой оболочки воздушного шара и его корзины равна 400 кг. Шар заполнен гелием массой 100 кг. Он может поднять в воздух груз массой 225 кг. Какую минимальную массу гелия нужно добавить в оболочку шара, чтобы шар поднял еще одного пассажира массой 50 кг? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению его объема, воздушных течений в вертикальном направлении нет. Температура и давление гелия внутри шара и воздуха снаружи шара соответственно одинаковы.

49. В сосуде находится смесь водорода и гелия общей массой 4 г. Отношение массы гелия к массе водорода равно 1,5. Температура смеси газов равна 27 °С. Определите объем сосуда, если давление смеси газов составляет 200 кПа.

50. В гладкой, открытой с обоих концов вертикальной трубе, имеющей два разных сечения, находятся два поршня, соединенные стержнем длиной 0,5 м, а между поршнями — 0,2 моля идеального газа. Площадь сечения верхнего поршня $S_1 = 40\ \text{см}^2$, а нижнего $S_2 = 190\ \text{см}^2$. Давление газа $p = 90\ \text{кПа}$, давление наружного воздуха $p_0 = 100\ \text{кПа}$. На сколько нужно изменить температуру газа между поршнями, чтобы они переместились вниз на 3 см?



51. В герметичном сосуде объёмом V = 100 л находится водяной пар при температуре $t_1 = 120°\text{C}$ и давлении p_1 = 6 кПа. Какая масса воды Δm сконденсируется в сосуде при охлаждении пара до температуры $t_2 = 20°\text{C}$? Давление насыщенного пара $p_{н2}$ при температуре t_2 равно 2,5 кПа. Объёмом жидкости, образовавшейся при конденсации пара, пренебречь по сравнению с V.

52. Найдите массу льда, которую можно превратить в воду и затем довести до кипения при сжигании сухих дров массой m = 2 кг. Начальная температура льда равна t_0 = –30°С, а удельная теплота сгорания сухих дров $q = 8 \cdot 10^6$ Дж/кг. Учесть, что η = 80% количества теплоты, выделяющегося при сгорании дров, рассеивается в окружающую среду.