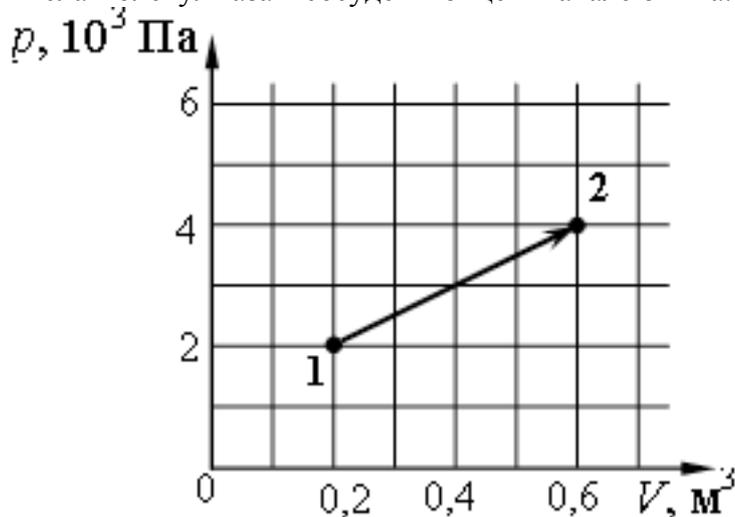


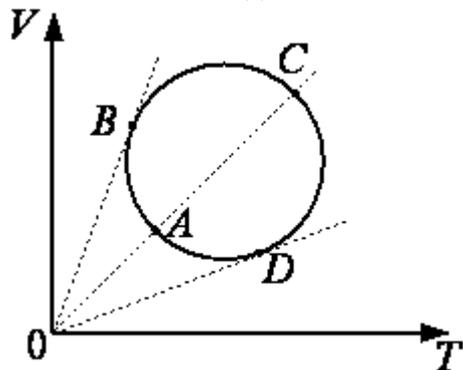
## Домашнее задание №2

### Часть 1

1. Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде под поршнем повысилась в 2 раза, и он перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Поршень прилегал к стенкам сосуда неплотно, и сквозь зазор между ним мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение  $N_2/N_1$  числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



2. Зависимость объёма идеального газа от температуры показана на  $VT$ -диаграмме (см. рисунок). В какой из точек давление газа максимально? Масса газа постоянна.



3. Над газом внешние силы совершили работу 300 Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. В этом процессе газ

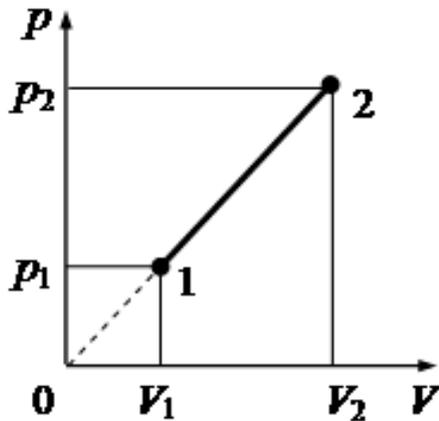
- 1) получил количество теплоты 400 Дж
- 2) получил количество теплоты 200 Дж
- 3) отдал количество теплоты 100 Дж
- 4) отдал количество теплоты 200 Дж

4. Тепловая машина с КПД 60% за цикл работы продолжительностью 10 с получает от нагревателя 100 Дж. Какова средняя мощность, с которой теплота передаётся холодильнику?

5. При изобарном расширении постоянной массы неона при нормальном атмосферном давлении ему сообщили количество теплоты, равное 200 кДж. Определите изменение объёма неона.

6. В калориметр с водой опущена трубка. По трубке в воду впускают водяной пар при температуре  $100^\circ\text{C}$ . В некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Первоначальная масса воды 460 г, а температура  $0^\circ\text{C}$ . Определите массу сконденсировавшегося пара. Тепловыми потерями пренебречь.

7. На рисунке изображён процесс, происходящий с 1 моль гелия. Минимальное давление газа  $p_1 = 100$  кПа, минимальный объём  $V_1 = 10$  л, а максимальный  $V_2 = 30$  л. Какую работу совершает гелий при переходе из состояния 1 в состояние 2?



8. В сосуде под поршнем при температуре  $100^\circ\text{C}$  находится 2 г водяного пара и такое же количество воды. Не изменяя температуры, объём сосуда увеличили в 3 раза. Определите массу пара в сосуде после изменения объёма.

9. В закрытом сосуде под поршнем находится водяной пар при температуре  $100^\circ\text{C}$  под давлением 50 кПа. Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, уменьшить объём пара в 3 раза?

10. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. Из сосуда медленно выпускается половина массы газа при неизменной температуре. Как изменятся в результате этого объём газа и сила, действующая на поршень со стороны газа?



Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа	Сила, действующая на поршень со стороны газа

11. Температуру холодильника тепловой машины Карно понизили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

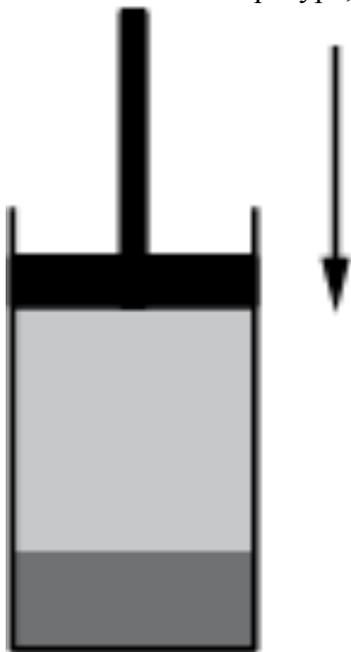
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

12. В цилиндре под поршнем находятся жидкость и её насыщенный пар (см. рисунок). Как будут изменяться давление пара и масса жидкости при медленном перемещении поршня вниз при постоянной температуре, пока поршень не коснётся поверхности жидкости?



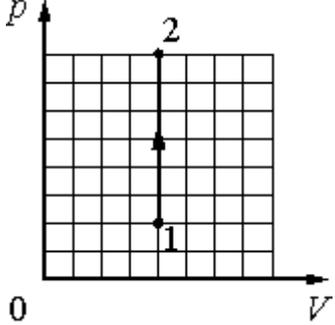
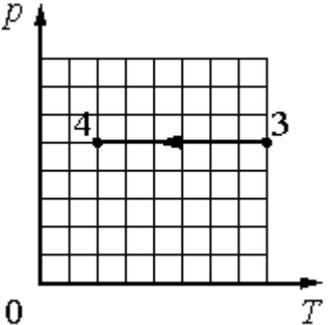
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

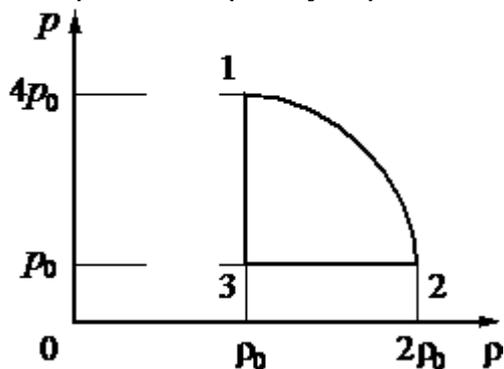
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление пара	Масса жидкости

13. На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 и 3–4, в каждом из которых участвует 1 моль неона. Графики построены в координатах  $p-V$  и  $p-T$ , где  $p$  – давление,  $V$  – объём и  $T$  – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ	УТВЕРЖДЕНИЯ
<p>А) </p> <p>Б) </p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.</li> <li>2) Газ получает теплоту, при этом его внутренняя энергия увеличивается.</li> <li>3) Газ получает теплоту и совершает работу.</li> <li>4) Над газом совершают работу, при этом газ отдаёт теплоту.</li> </ol>

14. На рисунке показана зависимость давления газа  $p$  от его плотности  $\rho$  в циклическом процессе, совершаемом 2 моль идеального газа в идеальном тепловом двигателе. Цикл состоит из двух отрезков прямых и четверти окружности. На основании анализа этого циклического процесса выберите два верных утверждения.



- 1) В процессе 1–2 температура газа уменьшается.
- 2) В состоянии 3 температура газа максимальна.
- 3) В процессе 2–3 объём газа уменьшается.
- 4) Отношение максимальной температуры к минимальной температуре в цикле равно 8.
- 5) Работа газа в процессе 3–1 положительна.

15. Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 8 г гелия, в правой – 1 моль аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной. Выберите два верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Давление в обеих частях сосуда одинаково.
- 2) Концентрация гелия и аргона в правой части сосуда одинакова.
- 3) Внутренняя энергия гелия в сосуде больше, чем внутренняя энергия аргона.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в конечном состоянии больше, чем в начальном.
- 5) В правой части сосуда общее число молекул газов в 2 раза меньше, чем в левой части.

16. Горячее вещество, первоначально находившееся в жидком состоянии, медленно охлаждали. Мощность теплоотвода постоянна. В таблице приведены результаты измерений температуры вещества с течением времени.

Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °С	250	242	234	232	232	232	230	216

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых измерений, и укажите их номера.

- 1) Температура плавления вещества в данных условиях равна 232 °С.
- 2) Через 20 мин. после начала измерений вещество находилось только в твёрдом состоянии.
- 3) Удельная теплоёмкость вещества в жидком и твёрдом состояниях одинакова.
- 4) Через 30 мин. после начала измерений вещество находилось только в твёрдом состоянии.
- 5) Процесс кристаллизации вещества занял более 25 мин.

17. В сосуде под поршнем при комнатной температуре долгое время находится вода и водяной пар. Масса воды равна массе пара. Объём сосуда медленно изотермически увеличивают в 3 раза. Выберите **два** утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Масса пара в сосуде не изменяется.
- 2) В конечном состоянии давление пара в сосуде в 3 раза меньше первоначального.
- 3) Давление пара сначала было постоянным, а затем стало уменьшаться.
- 4) Плотность пара в начале и конце опыта одинакова.
- 5) Концентрация пара в сосуде в начале опыта больше, чем в конце опыта.

18. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 50%. Объём сосуда за счёт движения поршня медленно уменьшают при постоянной температуре. В конечном состоянии объём сосуда в 4 раза меньше начального. Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

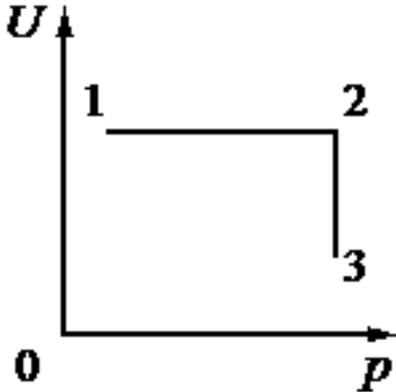
- 1) Плотность пара в сосуде всё время увеличивается.
- 2) Давление пара сначала увеличивается, а затем остаётся постоянным.
- 3) В конечном состоянии весь пар в сосуде сконденсировался.
- 4) После уменьшения объёма в 3 раза относительная влажность воздуха в сосуде равна 150%.
- 5) В конечном состоянии масса пара в сосуде в 2 раза меньше начальной массы пара.

19. При одинаковой температуре 100 °С давление насыщенных паров воды равно  $10^5$  Па, аммиака –  $59 \cdot 10^5$  Па и ртути – 37 Па. Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных и укажите их номера.

- 1) Ртуть кипит при более высокой температуре, чем аммиак.
- 2) Температура кипения воды ниже, чем у аммиака.
- 3) Для нагревания 1 кг ртути до температуры кипения необходимо количество теплоты, равное 37 кДж.
- 4) При кипении в открытом сосуде давление насыщенных паров аммиака равно нормальному атмосферному давлению.
- 5) Аммиак закипит, когда давление его насыщенных паров превысит  $59 \cdot 10^5$  Па.

## Часть 2

1. Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, который изображён на рисунке в переменных  $p - U$ , где  $U$  – внутренняя энергия газа,  $p$  – его давление. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, определите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1–2 и 2–3.



2. Сосуд объёмом 10 л содержит смесь водорода и гелия общей массой 2 г при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении 200 кПа. Каково отношение массы водорода к массе гелия в смеси?

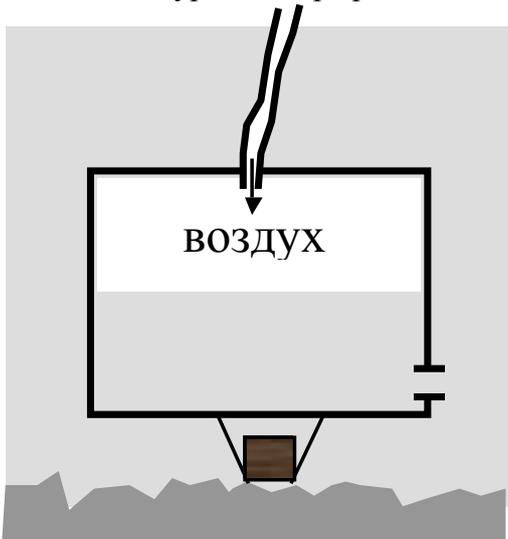
Ответ:  $\approx 1,5$ .

3. Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 1 кг. Шар наполняют гелием. Атмосферное давление  $10^5$  Па равно давлению гелия в шаре. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар оторвётся от земли.

Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна  $0^\circ\text{C}$ .

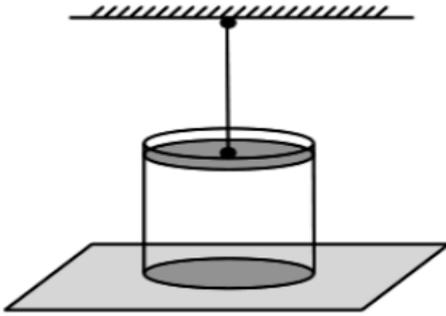
Ответ:  $\approx 92$  кг.

4. В понтон, лежащий на дне моря, закачивается сверху воздух. Вода вытесняется из понтона через нижнее отверстие (см. рисунок), и когда объём воздуха в понтоне достигает  $28\text{ м}^3$ , понтон всплывает вместе с прикрепленным к нему грузом. В момент начала подъёма расстояние от поверхности воды в понтоне до поверхности воды в море равно 73,1 м. Масса оболочки понтона 2710 кг. Определите массу поднимаемого груза. Температура воды равна  $7^\circ\text{C}$ , атмосферное давление на уровне моря равно  $10^5$  Па. Объёмом груза и стенок понтона пренебречь.



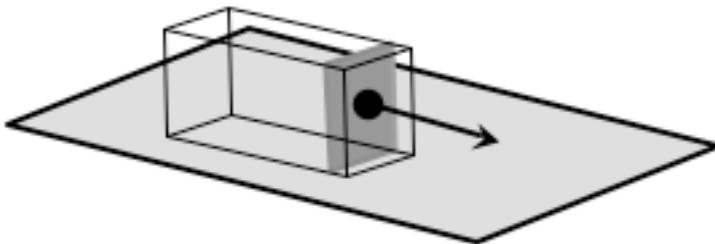
Ответ:  $25 \cdot 10^3$  кг.

5. Разогретый сосуд прикрыли поршнем, который с помощью вертикальной нерастяжимой нити соединили с потолком. На сколько процентов от начальной понизится температура воздуха в сосуде к моменту, когда сосуд оторвется от поверхности, на которой он расположен? Масса сосуда 5 кг. Поршень может скользить по стенкам сосуда без трения. Площадь дна сосуда  $125 \text{ см}^2$ . Атмосферное давление  $10^5 \text{ Па}$ . Тепловым расширением сосуда и поршня пренебречь.



Ответ: 4%.

6. В металлическом сосуде под поршнем находится воздух при атмосферном давлении (см. рисунок). Сосуд имеет массу 10 кг и расположен горизонтально на поверхности стола. Поршень может скользить без трения со стенками сосуда. Массой поршня и воздуха, заключенного в сосуде, можно пренебречь. За прикрепленный к поршню шнур медленно тянут в горизонтальном направлении. На сколько процентов возрастет объем воздуха под поршнем к тому моменту, когда сосуд начнет скользить по столу? Коэффициент трения между сосудом и поверхностью стола равен 0,5. Площадь дна поршня  $100 \text{ см}^2$ . Атмосферное давление  $10^5 \text{ Па}$ .



Ответ: %.

7. Со дна озера, имеющего глубину  $H = 25 \text{ м}$ , медленно поднимается пузырёк воздуха. Определите объём пузырька  $V_1$  у дна озера, если на расстоянии  $h = 5 \text{ м}$  от поверхности воды пузырёк имел объём  $V_2 = 7 \text{ мм}^3$ . Давление воздуха на уровне поверхности воды равно нормальному атмосферному давлению. Силы поверхностного натяжения не учитывать, температуры воды и воздуха в пузырьке считать постоянными.

Ответ:  $3 \text{ мм}^3$ .

8. Теплоизолированный сосуд разделён тонкой перегородкой на две части, отношение объёмов которых  $V_2/V_1 = 2$ . Обе части сосуда заполнены одинаковым одноатомным идеальным газом. Давление в первой из них равно  $p_0$ , во второй –  $4p_0$ . Каким станет давление в сосуде, если перегородку убрать?

Ответ:  $p = 3p_0$ .

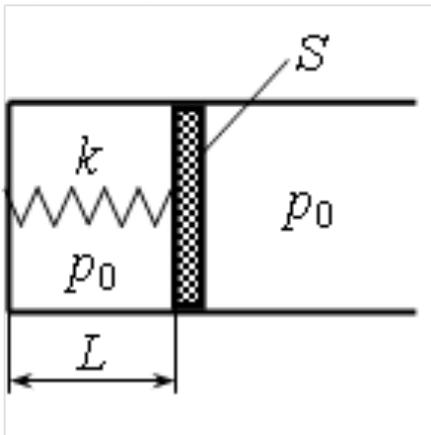
9. Теплоизолированный горизонтальный сосуд разделён пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится  $\nu = 2$  моль гелия, а в правой – такое же количество моль аргона. Атомы гелия могут проникать через перегородку, а для атомов аргона перегородка непроницаема. Температура гелия равна температуре аргона:  $T = 300 \text{ К}$ . Определите отношение внутренних энергий газов по разные стороны перегородки после установления термодинамического равновесия.

Ответ:  $U_1/U_2 = 1/3$ .

10. В бутылке объёмом  $V = 1$  л находится гелий при нормальном атмосферном давлении. Горлышко бутылки площадью  $S = 2 \text{ см}^2$  заткнуто короткой пробкой, имеющей массу  $m = 20$  г. Если бутылка лежит горизонтально, то для того, чтобы медленно вытащить из её горлышка пробку, нужно приложить к пробке горизонтально направленную силу  $F = 1$  Н. Бутылку поставили на стол вертикально горлышком вверх. Какое количество теплоты нужно сообщить гелию в бутылке для того, чтобы он выдавил пробку из горлышка?

Ответ: 9 Дж.

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



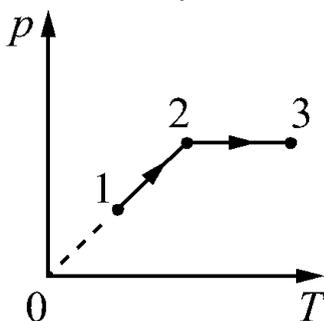
12. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре  $T_1 = 600$  К и давлении  $p_1 = 4 \cdot 10^5$  Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление при расширении обратно пропорционально квадрату объёма. Конечное давление газа  $p_2 = 10^5$  Па. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу  $A = 2493$  Дж?

Ответ: .

13. Гелий в количестве  $\nu = 3$  моль изобарно сжимают, совершая работу  $A_1 = 2,4$  кДж. При этом температура гелия уменьшается в 4 раза:  $T_2 = T_1/4$ . Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения  $T_3 = T_1/8$ . Найдите работу газа  $A_2$  при адиабатном расширении. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

Ответ: .

14. Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах  $p$ – $T$ . Известно, что давление газа  $p$  в процессе 1–2 увеличилось в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура  $T$  в состоянии 1 равна 300 К, а в состоянии 3 равна 900 К?



Ответ:  $\approx 10$  кДж.

**15.** Кусок льда, имеющий температуру  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду с температурой  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , требуется количество теплоты  $80\text{ кДж}$ . Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты  $60\text{ кДж}$ ? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.  
Ответ: .