

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика - техникалық факультеті

Жылуфизика және техникалық физика кафедрасы

«Молекулалық физика»

«5B071800 Электроэнергетика»

Семинар сабақтары

СЕМИНАР №1: ИДЕАЛ ГАЗ ЗАҢДАРЫ.

1. Оценить количество молекул воздуха в атмосфере Земли.
2. При взрыве атомной бомбы, содержащей 1 кг плутония получается одна радиоактивная частица на каждый атом плутония. Предполагая, что ветры равномерно разносят продукты взрыва по всей атмосфере, определите сколько радиоактивных частиц будет содержаться в 1 дм^3 воздуха у поверхности Земли? Молярная масса плутония 244 г/моль.
3. Сколько молекул содержится в 1 мм^3 воздуха при давлении 10^{-10} Па при температуре 27°C ?

СЕМИНАР №2: ИДЕАЛ ГАЗ ЗАҢДАРЫ.

1. При 0°C молекулы кислорода имеют среднюю скорость 460 м/с. Какова средняя скорость молекул азота при этой же температуре?
2. При 0°C средняя скорость молекул кислорода 460 м/с. Какова средняя скорость молекул водорода при 100°C ?
3. Как изменяется давление идеального газа при увеличении средней скорости его молекул на 20 %?
4. При повышении температуры идеального газа на $\Delta T_1 = 150 \text{ К}$ средняя скорость движения его молекул увеличилась с $v_1 = 400 \text{ м/с}$ до $v_2 = 500 \text{ м/с}$. На сколько еще нужно нагреть этот газ, чтобы увеличить среднюю скорость его молекул до $v_3 = 600 \text{ м/с}$?

СЕМИНАР № 3: ИДЕАЛ ГАЗ ЗАҢДАРЫ. МАКСВЕЛЛ ТАРАЛУЛАРЫ.

1. . При сжатии объем газа уменьшился от 7 л до 4 л. При этом давление его возросло на 1,2 атм. Определить начальное давление газа, если $T = \text{const}$.
2. Из цилиндрической, запаянной с одного конца, трубки частично откачали воздух. При опускании ее открытым концом в ртуть, ртуть поднялась на высоту 68 см. До какого давления откачали трубку? Длина трубки 75 см, атмосферное давление 750 мм. рт. ст.
3. . Два баллона соединены трубкой с краном. В первом баллоне объемом $V_1 = 1 \text{ л}$ находится газ при давлении $p_1 = 1 \text{ атм}$. Во втором – объем $V_2 = 3 \text{ л}$ – газ при давлении $p_2 = 0,6 \text{ атм}$. Какое установится давление, если кран открыть?
4. В закрытой частично откачанной трубке находится столбик ртути длиной $l = 3 \text{ см}$. Если трубка горизонтальна, то объемы воздуха слева и справа от ртути равны. Если

трубка вертикальна, то верхний объем вдвое больше нижнего. До какого давления откачали трубку?

СЕМИНАР № 4: МАКСВЕЛЛ ТАРАЛУАРЫ.

1. Современные вакуумные насосы позволяют получать давления до $p = 4 \cdot 10^{-15}$ атм (при комнатной температуре). Считая, что газом является азот, найти число его молекул в 1 см^3 и среднее расстояние между ними при этом давлении.
2. Газ находится в очень высоком цилиндрическом сосуде при температуре T . Считая поле тяжести однородным, найти среднее значение потенциальной энергии молекул газа. Как зависит эта величина от того, состоит ли газ из одного сорта молекул или из нескольких сортов?
3. Воспользовавшись распределением Максвелла, найти $\langle 1/v \rangle$ — среднее значение обратной скорости молекул идеального газа, находящегося при температуре T , если масса каждой молекулы m . Сравнить полученную величину с обратной величиной средней скорости.
4. При какой температуре газа число молекул со скоростями в заданном интервале $v, v + dv$ будет максимально? Масса каждой молекулы равна m .

СЕМИНАР № 5: ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ БАСТАМАСЫ.

1. В цилиндре с площадью основания $S = 100 \text{ см}^2$ находится газ при температуре $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$. На высоте $h = 30 \text{ см}$ от дна цилиндра расположен поршень массой $m = 60 \text{ кг}$. Какую работу совершит газ, если его температуру медленно повысить на $\Delta t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$? Атмосферное давление $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.
2. В цилиндре под невесомым поршнем находится газ. Поршень связан с дном цилиндра пружиной. Газ расширяется из состояния с параметрами p_1, V_1 в состояние — p_2, V_2 . Определить работу газа.
3. Два теплоизолированных баллона 1 и 2 наполнены воздухом и соединены короткой трубкой с краном. Известны объемы баллонов, а также давление и температура воздуха в них (V_1, p_1, T_1 и V_2, p_2, T_2). Найти температуру и давление воздуха, которые установятся после открытия крана.
4. Объем идеального газа с показателем адиабаты γ изменяют по закону $V = a/T$, где a — постоянная. Найти количество тепла, полученное одним молекул газа в этом процессе, если температура газа испытала приращение ΔT .

СЕМИНАР № 6: ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ БАСТАМАСЫ.

1. . Один моль идеального газа нагревают сначала изотермически. При этом он совершает работу 10 Дж. Затем его нагревают изобарически, сообщая ему то же количество теплоты. Какую работу совершает газ во втором случае?
2. При изотермическом процессе газ совершил работу 1000 Дж. На сколько увеличится внутренняя энергия этого газа, если ему сообщить количество теплоты вдвое больше, чем в первом случае, а процесс проводить изохорически?
3. Один моль идеального газа совершает процесс 1 – 2 – 3 (рис. 1). Известны: давление p_1, p_2 и объем V_1, V_2 . Найти поглощенное газом в этом процессе количество теплоты.

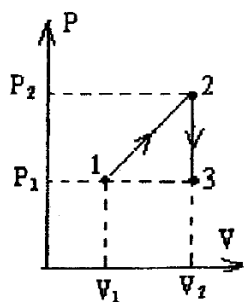


Рис.1

4. Один моль идеального газа переводят из начального состояния 1 в конечное 4 в процессе, представленном на рис.2. Какое количество теплоты подвели к газу, если $\Delta T = T_4 - T_1 = 100$ К?

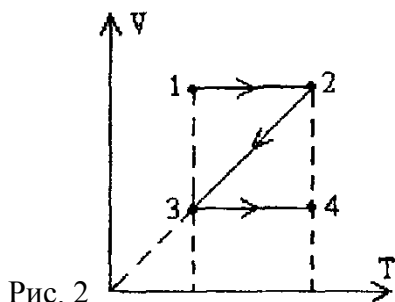


Рис. 2

СЕМИНАР № 7. № 1 БАҚЫЛАУ ЖҰМЫСЫ.

СЕМИНАР № 8. ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ЕКІНШІ БАСТАМАСЫ.

1. У тепловой машины, работающей по циклу Карно, температура нагревателя в $n = 1,6$ раз больше температуры холодильника. За один цикл машина производит работу $A = 12$ кДж. Какая работа затрачивается на изотермическое сжатие рабочего вещества?
2. Идеальный одноатомный газ совершает замкнутый процесс (рис. 1). Определить КПД цикла.
3. Найти КПД тепловой машины, работающей с ν молями одноатомного идеального газа по циклу, состоящему из адиабаты 1 – 2, изотермы 2 – 3 и изохоры 3 – 1 (рис. 3). Работа, совершенная над газом на участке 2 – 3 равна A , разность максимальной и минимальной температур в цикле равна ΔT .

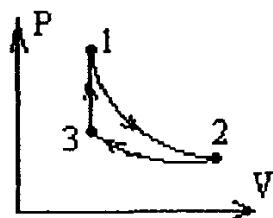


Рис. 3

4. Идеальная тепловая машина, работающая по обратному циклу, получает тепло от холодильника с водой при температуре $t_1 = 0$ °С и передает тепло кипятильнику с водой при $t_2 = 100$ °С. Сколько воды надо заморозить, чтобы испарить $m = 1$ кг воды?

СЕМИНАР № 9. ТАСЫМАЛДАУ ПРОЦЕСТЕРІ.

1. Найти среднюю длину свободного пробега и среднее время между столкновениями молекул газообразного азота, находящегося:
 - а) при нормальных условиях;
 - б) при температуре $t = 0^\circ \text{C}$ и давлении $p = 1,0 \text{ нПа}$ (такое давление позволяют получать современные вакуумные насосы).
2. Гелий при нормальных условиях заполняет пространство между двумя длинными коаксиальными цилиндрами. Средний радиус цилиндров R , зазор между ними ΔR , причем $\Delta R \ll R$. Внутренний цилиндр неподвижен, а внешний вращают с достаточно небольшой угловой скоростью ω . Найти момент сил трения, действующих на единицу длины внутреннего цилиндра. До какого значения надо уменьшить давление гелия (не меняя температуры), чтобы искомый момент сил трения уменьшился в $n = 10$ раз, если $\Delta R = 6 \text{ мм}$?

СЕМИНАР № 10. ТАСЫМАЛДАУ ПРОЦЕСТЕРІ.

1. Газ заполняет пространство между двумя длинными коаксиальными цилиндрами, радиусы которых R_1 и R_2 , причем $R_1 < R_2$. Внутренний цилиндр неподвижен, а внешний вращают с достаточно малой угловой скоростью ω . Момент сил трения, действующих на единицу длины внутреннего цилиндра, равен N_1 . Найти коэффициент вязкости η газа, имея в виду, что сила трения, действующая на единицу площади цилиндрической поверхности радиуса r , определяется формулой $\sigma = \eta r (\partial\omega/\partial r)$
2. Два одинаковых параллельных диска, оси которых совпадают, расположены на расстоянии h друг от друга. Радиус каждого диска a , причем $a \gg h$. Один диск вращают с небольшой угловой скоростью ω , другой диск неподвижен. Найти момент сил трения, действующий на неподвижный диск, если коэффициент вязкости газа между дисками равен η .

СЕМИНАР № 11. НАҚТЫ ГАЗДАР ҚАСИЕТТЕРІ БОЙЫНША ЕСЕПТЕР.

1. Кусок меди массы $m_1 = 300 \text{ г}$ при температуре $t_1 = 97^\circ \text{C}$ поместили в калориметр, где находится вода массы $m_2 = 100 \text{ г}$ при температуре $t_2 = 7^\circ \text{C}$. Найти приращение энтропии системы к моменту выравнивания температур. Теплоемкость калориметра пренебрежимо мала.

СЕМИНАР № 12. НАҚТЫ ГАЗДАР

1. Найти приращение энтропии одного моля ван-дер-ваальсовского газа при изотермическом изменении его объема от V_1 до V_2 . Поправки Ван-дер-Ваальса считать известными.
2. Один моль ван-дер-ваальсовского газа, имевший объем V_1 и температуру T_1 , переведен в состояние с объемом V_2 и температурой T_2 . Найти соответствующее приращение энтропии газа, считая его молярную теплоемкость C_V известной.

СЕМИНАР № 13. СҰЙЫҚТАР.

1. Найти разность уровней ртути в двух сообщающихся вертикальных капиллярах, диаметры которых $d_1 = 0,50$ мм и $d_2 = 1,00$ мм, если краевой угол $\theta = 138^\circ$.
2. Капля воды равномерно падает в воздухе. Найти разность между радиусом кривизны поверхности капли в ее верхней точке и радиусом кривизны в нижней точке, расстояние между которыми $h = 2,3$ мм.
3. Найти радиус нижнего мениска в трубке с внутренним диаметром $d = 0,59$ мм, если высота h столбика воды в нём равна: а) 2,5 см; б) 5 см; в) 10 см. Смачивание полное (рис. 3).

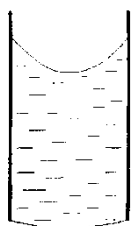


Рис.3

4. Восемь шаровых капель ртути диаметром $d = 1$ мм каждая сливаются в одну каплю. Сколько при этом выделится тепла?

СЕМИНАР № 14. ҚАТТЫ ДЕНЕ. ФАЗАЛЫҚ АУЫСУЛАР.

1. Вычислить постоянные Ван-дер-Ваальса для углекислого газа, если его критическая температура $T_{кр} = 304$ К и критическое давление $p_{кр} = 73$ атм.
2. Записать уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенных параметрах π , ν и τ , приняв за единицы давления, объема и температуры соответствующие критические величины. Используя полученное уравнение, найти, во сколько раз температура газа больше его критической температуры, если давление газа в 12 раз больше критического, а объем газа вдвое меньше критического.
3. В сосуд, содержащий $m = 10$ г льда при температуре $t_1 = -10^\circ\text{C}$, малыми порциями впускают водяной пар при температуре $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Какое количество воды окажется в сосуде, когда весь лед растает?
4. В цилиндре под невесомым поршнем площадью $S = 100$ см² находится $m = 1$ кг воды при температуре 0°C . В цилиндре включают нагреватель мощностью $N = 500$ Вт. На сколько поднимется поршень за $\tau = 15$ мин работы нагревателя?

СЕМИНАР № 15. № 2 БАҚЫЛАУ ЖҰМЫСЫ