

1. Один моль двоатомного ідеального газу (5 ступенів вільності) знаходиться в циліндричній посудині під легким поршнем (мал.1). В початковому стані газ мав температуру 300К і займав половину об'єму посудини. На мал.2 подана залежність температури газу від часу після увімкнення нагрівача потужністю 10 Вт (ділянка 1-2 лінійна). Знайти рівняння газових процесів на ділянках 1-2 та 2-3-4. Як змінюється теплоємність газу при збільшенні його об'єму? Система теплоізольована, теплоємності поршня і стінок посудини значно менші за величиною від теплоємності газу. Зовнішній тиск p_d дорівнює атмосферному.

2. Чотири однорідні стержні однакової маси m та однакової довжини l , що з'єднані між собою та зі стійкою шарнірно, підвішені так, як показано на мал.3. Відстань між шарнірами А і Е дорівнює $2a$. При цьому $2a=l(1+\sqrt{3})$. Шарніри В і D з'єднані ниткою, довжина якої l . Нитку миттєво перерізають. На скільки зміститься шарнір С при переході системи із початкового в положення стійкої рівноваги? Яка кількість теплоти виділиться за час, коли система набуде стійкої рівноваги?

3. Супутникові навігаційні системи дозволяють визначати місцезнаходження і швидкість руху у будь-якій точці земної кулі. Супутник передає сигнал, який містить інформацію про точний час його відправлення і координати супутника на цей момент. Приймач реєструє час надходження сигналів від декількох супутників і за затримкою кожного сигналу обчислює відстані до супутників, а разом з цим і своє точне положення. Для цього необхідно приймати сигнали щонайменше від чотирьох супутників, щоб врахувати неточність ходу годинника приймача. Будемо вважати, що супутники рухаються по коловим орбітам з радіусами $r = 20\,000$ км точно. Визначити значення широти, довготи і висоти над рівнем моря людини на повітряній кулі, мобільний телефон якої отримав такі дані від чотирьох супутників:

№ супутника	Час отримання сигналу (годинник приймача)	Час відправлення сигналу за інформацією супутника (точний час)	Широта супутника в момент відправлення сигналу	Довгота супутника в момент відправлення сигналу
1	10 год 12 хв 13,1600 с	10 год 12 хв 13,1121 с	45°00'00'' південна	0°00'00''
2	10 год 12 хв 13,1601 с	10 год 12 хв 13,1122 с	45°00'00'' північна	0°00'00''
3	10 год 12 хв 13,1602 с	10 год 12 хв 13,1123 с	45°00'00'' північна	90°00'00'' східна
4	10 год 12 хв 13,1463 с	10 год 12 хв 13,1120 с	0°00'00''	45°00'00'' східна

Земля має приплюснуту форму: екваторіальний радіус $R_e=6378,15$ км, полярний $R_p=6356,80$ км. Швидкість світла у вакуумі 299792458 м/с.

4. На підлозі стоїть велика циліндрична діжка, заповнена рідиною до рівня $H=1$ м. Через невеликий отвір, який зроблений у діжці на глибині $h=10$ см, в горизонтальному напрямку б'є струмінь рідини і розбивається об підлогу поруч із циліндричним стаканом (мал. 4). Якщо в діжці під першим отвором зробити подібний йому другий отвір, струмені води перетнуться в просторі і зліяться в один. Визначити, наскільки точка перетину струменів виявиться нижчою за другий отвір. Уявіть тепер, що другий отвір зроблений на вчетверо більшій глибині, ніж перший, він подібний до нього, але має вдвічі меншу площу перерізу $S_2=S_1/2$. Чи потрапить об'єднаний струмінь до стакану? За якого співвідношення S_2/S_1 струмінь перелетить стакан? Висота стакану $h=10$ см, відстань від нього до діжки в шість разів більша за його діаметр.

5. а) Деякий точковий заряд упродовж тривалого часу утримується на фіксованій відстані від нескінченної незарядженої площини з дуже малою провідністю. Потім заряд швидко віддаляють від площини на відстань удвічі більшу початкової і утримують його в новому положенні. Яка кількість теплоти виділиться після цього в провідній площині, якщо відомо, що під час віддалення точкового заряду було виконано роботу 36 мкДж?

б) Квадратну рамку, у кутах якої розташовані точкові заряди $+q, (-q), +q, (-q)$, спочатку упродовж тривалого часу тримають у фіксованому положенні біля нескінченної незарядженої площини з дуже малою провідністю (мал.5), а потім швидко повертають на 90° навколо осі, що проходить через центр квадрату перпендикулярно до площини малюнка. Яка кількість теплоти виділиться після цього у провідній площині, якщо відомо, що під час повороту рамки було виконано роботу 36 мкДж?

Задачі запропонували Б.В.Беляєв та С.В.Кара-Мурза (1), А.П.Федоренко (2), О.Ю.Орлянський (3-4), Є.П.Соколов(5).

1. Один моль двухатомного идеального газа (5 степеней свободы) находится в цилиндрическом сосуде под легким поршнем (рис.1). В начальном состоянии газ имел температуру 300К и занимал половину объема сосуда. На рис.2 представлена зависимость температуры газа от времени после включения нагревателя мощностью 10 Вт (участок 1-2 линейный). Найти уравнения газовых процессов на участках 1-2 и 2-3-4. Как меняется теплоемкость газа при увеличении его объема? Система теплоизолирована, теплоемкости поршня и стенок сосуда значительно уступают по величине теплоемкости газа. Внешнее давление p_d равно атмосферному.

2. Четыре однородные стержня одинаковой массы m и одинаковой длины l , соединенные между собой и со стойкой шарнирно, подвешены так, как показано на рис.3. Расстояние между шарнирами А и Е равно $2a$. При этом $2a=l(1+\sqrt{3})$. Шарниры В и D соединены ниткой длиной l . Нитку мгновенно перерезают. На сколько сместится шарнир С при переходе системы из начального в положение устойчивого равновесия? Какое количество теплоты выделится за время, пока система достигнет устойчивого равновесия?

3. Спутниковые навигационные системы позволяют определять местонахождение и скорость движения в любой точке земного шара. Спутник передает сигнал, содержащий информацию о точном времени его отправки и координаты спутника на этот момент. Приемник регистрирует время поступления сигналов от нескольких спутников и по задержке каждого сигнала вычисляет расстояния до спутников, а вместе с тем и свое точное положение. Для этого необходимо принимать сигналы по меньшей мере от четырех спутников, чтобы учесть неточность хода часов приемника. Будем считать, что спутники движутся по круговым орбитам с радиусами $r = 20\,000$ км точно. Определить значения широты, долготы и высоты над уровнем моря человека на воздушном шаре, мобильный телефон которого получил такие данные от четырех спутников:

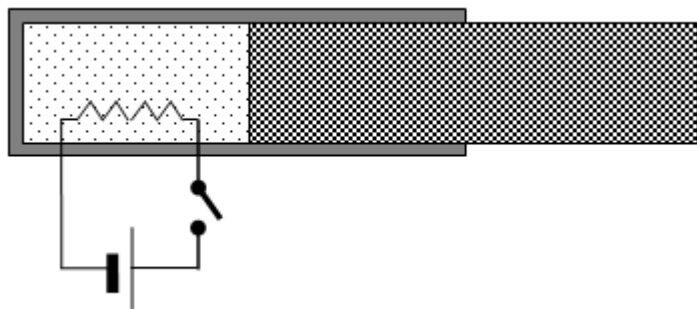
№ спутника	Время приема сигнала (часы приемника)	Время отправления сигнала по информации спутника (точное время)	Широта спутника в момент отправления сигнала	Долгота спутника в момент отправления сигнала
1	10 час 12 мин 13,1600 с	10 час 12 мин 13,1121 с	45°00'00'' южная	0°00'00''
2	10 час 12 мин 13,1601 с	10 час 12 мин 13,1122 с	45°00'00'' северная	0°00'00''
3	10 час 12 мин 13,1602 с	10 час 12 мин 13,1123 с	45°00'00'' северная	90°00'00'' восточная
4	10 час 12 мин 13,1463 с	10 час 12 мин 13,1120 с	0°00'00''	45°00'00'' восточная

Земля имеет приплюснутую форму: экваториальный радиус $R_e=6378,15$ км, полярный $R_p=6356,80$ км. Скорость света в вакууме 299792458 м/с.

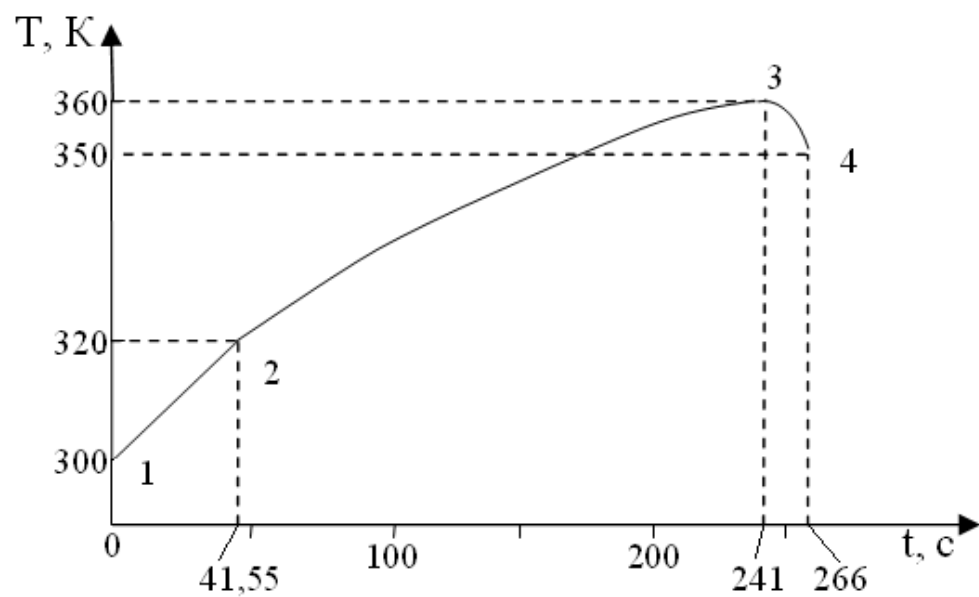
4. На полу стоит большая цилиндрическая бочка, заполненная жидкостью до уровня $H=1$ м. Через небольшое отверстие, сделанное в бочке на глубине $h=10$ см, в горизонтальном направлении бьет струя жидкости и разбивается об пол рядом с цилиндрическим стаканом (мал. 4.) Если в бочке под первым отверстием сделать подобное ему второе, струи воды пересекутся в пространстве и сольются в одну. Определите, насколько точка пересечения струй окажется ниже второго отверстия. Представьте теперь, что второе отверстие сделано на вчетверо большей глубине, чем первое, оно подобно ему, но имеет вдвое меньшую площадь сечения $S_2=S_1/2$. Попадет ли объединенная струя в стакан? При каком соотношении S_2/S_1 струя перелетит стакан? Высота стакана $h=10$ см, расстояние от него до бочки в шесть раз больше, чем его диаметр.

5. а) Некоторый точечный заряд в течение длительного времени удерживается на фиксированном расстоянии от бесконечной незаряженной плоскости с очень малой проводимостью. Потом заряд быстро удаляют от плоскости на расстояние, вдвое большее начального, и удерживают его в новом положении. Какое количество теплоты выделится после этого в проводящей плоскости, если известно, что за время удаления точечного заряда была выполнена работа 36 мкДж? б) Квадратную рамку, в углах которой расположены заряды $+q, (-q), +q, (-q)$, сначала в течение длительного времени удерживают в фиксированном положении от бесконечной незаряженной плоскости с очень малой проводимостью (рис.5), а потом быстро поворачивают на 90° вокруг оси, проходящей через центр квадрата перпендикулярно плоскости рисунка. Какое количество тепла выделится после этого в проводящей плоскости, если известно, что при повороте рамки была выполнена работа 36 мкДж?

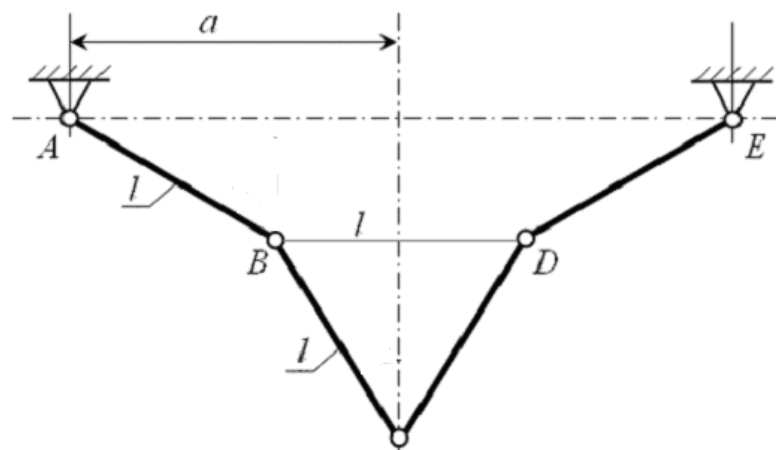
Задачи предложили Б.В.Беляев и С.В.Кара-Мурза (1), А.П.Федоренко (2), О.Ю.Орлянський (3-4), Е.П.Соколов(5).



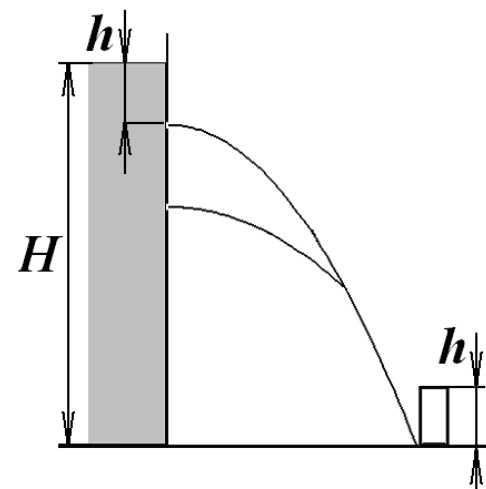
Мал. 1.



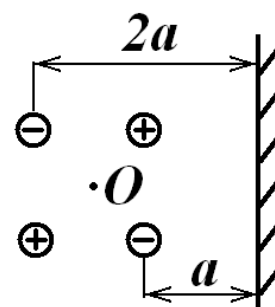
Мал. 2.



Мал. 3.



Мал. 4.



Мал. 5.