

Термодинамика

Памятка студентам

Потенциалы:

$$F = U - TS$$

$$W = U + pV$$

$$\Phi = U + pV - TS$$

$$\Omega = U - TS - \mu N$$

$$dF = -SdT - pdV + \mu dN$$

$$dW = TdS + Vdp + \mu dN$$

$$d\Phi = -SdT + Vdp + \mu dN$$

Дифференциалы

$$dU = TdS - pdV + \mu dN$$

$$d\Omega = -SdT - pdV - Nd\mu$$

Якобиан

$$\frac{\partial(U, V)}{\partial(x, y)} \equiv \begin{vmatrix} \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_y & \left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)_x \\ \left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_y & \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)_x \end{vmatrix}, \quad \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_y = \frac{\partial(U, y)}{\partial(x, y)} = -\frac{\partial(y, U)}{\partial(y, x)}$$

Свойство

$$\frac{\partial(U, V)}{\partial(x, y)} = \frac{\partial(U, V)}{\partial(t, s)} \frac{\partial(t, s)}{\partial(x, y)}$$

Введение. Понятие энтропии в термодинамике.

Рассказ о том, что переданное системе тепло δQ не является полным дифференциалом (зависит не только от начального и конечного состояния с-мы). Для того, чтобы тем не менее говорить о переданной теплоте в терминах полных дифференциалов в термодинамике вводят $\delta Q/S$ - полный дифференциал dS .

1) Два одинаковых бруска меди имеют разные температуры - 0 и 100 градусов Цельсия. Их поместили в термос в контакте друг с другом. Насколько изменится энтропия вселенной, когда бруски придут в термическое равновесие? Теплоемкость брусков при постоянном объеме не зависит от температуры в интервале условий, оговоренных в задаче.

2) То же, но $C = bT$, начальные температуры 100 и 200 градусов Кельвина

$C = bT = dU/dT$ следовательно $U = U_0 + bT^2/2$ По закону сохранения энергии $2T_k^2 = 100^2 + 200^2$, т.е. $T_k = 158$. Как и в предыдущей задаче

3) На гуконскую пружинку жесткостью K подвесили груз массой m и отпустили. Как изменится энтропия вселенной после того, как колебания затухнут. Считать температуру пружинки и комнаты T .

4) Ток 0,5 Ампер течет через сопротивление 2 ома 100 секунд. Начальная температура системы 300 К. Теплоемкость $C=0,24$ Дж/К. Температура системы меняется значительно. Как изменится энтропия вселенной?

5) Конденсатор C зарядили от батареи с напряжением U при температуре T . Как изменится энтропия вселенной?

Энтропия как мера вероятности

6) Система состоит из N частиц с магнитным моментом μ , которые сидят в магнитном поле B и могут иметь 2 направления - вверх и вниз. Частицам выгодно выстроится против поля. Энергия частицы $\epsilon = \pm\mu B$ в зависимости от ориентации спина. Пусть в данный момент в системе n_1 частиц со спинами вверх (с отрицательной энергией). Найти энтропию системы как функцию N , n_1 , зависимость энергии от температуры а также удельную намагниченность. Частицы не взаимодействуют друг с другом.

7) Предположим, атом вылетел из кристаллической решетки на поверхность, образовалась дырка - дефект Шотки, энергия на образование одной дырки ϵ равна 1 eV. Найти энтропию кристалла, содержащего n дырок и N атомов и найти среднее количество дырок в единице объема кристалла при комнатной температуре.

Аналогично: То же для одномерного парамагнита в котором образовалось n доменных стенок, энергия каждой стенки ϵ .

Аналогично: То же, если: m случайных атомов в решетке сместились в междоузлие, число междоузлий N , энергия на образование дефекта ϵ .

8) Жесткость гуковской резинки как функция температуры - простейшая модель: Цепочка из N звеньев, каждое из которых имеет 2 возможных ориентации + или -. Длина резинки $l = (n_+ - n_-)d$. Записать выражение для энтропии $S(N, n_+)$ и вычислить зависимость жесткости от температуры.

Часть 1. Термодинамика, тождества

Задачи из "Романов - Кондратьев"

Часть 2. Распределения по энергии. Разница между ансамблями.

См. Романов Кондратьев. Кроме того, разобрать задачи:

Получить из микроканонического распределения распределение Гиббса в идеальном газе

Получить функцию распределения по энергии для идеального газа

Получить функцию распределения по флуктуациям энергии (Гауссовский закон)