ТЕРМОДИНАМИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Энтропия при изменении агрегатного состояния

Лекция 10

Энтропия в процессах

1.Фазовый переход «***Твердое тело-Жидкость***». (*Плавление. Затвердевание*)

Плавление: $T=const$ – температура плавления, $T_{пл}$

$$dQ = \lambda dm$$

dQ – *теплота необходимая для расплавления массы* dm

λ – *удельная теплота плавления*

$dQ = -\lambda dm$ – *при затвердевании*

Энтропия. (Полагаем процесс равновесным, $T << T_{пл}$)

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \pm\int_1^2 \frac{\lambda dm}{T} = \pm\frac{\lambda}{T_{пл}}\int_1^2 dm = \pm\frac{\lambda m}{T_{пл}}$$

При плавлении энтропия растет, при затвердевании – уменьшается.

Энтропия в процессах Лекция 10

2. Фазовый переход «***Жидкость-Газ***». (***Испарение. Конденсация***)

Процесс происходит при T=const, $T = T_{кип}$

Энтропия.

$$dQ = \pm r dm$$

dQ – *теплота необходимая для испарения массы dm*

r – *удельная теплота испарения*

Энтропия. (Полагаем процесс равновесным, $T << T_{кип}$)

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \pm \int_1^2 \frac{r dm}{T} = \pm \frac{r}{T_{кип}} \int_1^2 dm = \pm \frac{rm}{T_{кип}}$$

При испарении энтропия растет, при конденсации – уменьшается.

Энтропия в процессах Лекция 10

3. Нагрев вещества.

Найдем изменение энтропии при нагреве твердого тела (***т***) или жидкости (***ж***) массой ***т*** от T_1 до T_2.

$$\delta Q = mC_{ж} \quad dT$$

$C_{ж}$ *удельная теплоёмкость*

Полагаем процесс равновесным. Тогда

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \pm \int_1^2 mC_{ж} \quad \frac{dT}{T}$$

Полагаем, что $mC_{ж} \quad const$

$$\Delta S = mC_{ж} \quad \ln \frac{T_2}{T_1}$$

При нагревании T2 > T1 --> ln () > 0, энтропия растет

При охлаждении T2 < T1 --> ln () > 0, энтропия уменьшается

Энтропия в процессах

Задача. В бокал с коктейлем бросают кубик льда. $T_{кокт}$=20 С, масса 20 г., $T_{лед}$=0 С, масса 10 г. Насколько изменится энтропия бокала к тому моменту, когда кубик полностью растает.

Удельные теплоемкости и теплота плавления:

$$C_{кокт} = 4 \cdot 10^3 \frac{дж}{кг \cdot K}, \quad C_{вода} = 4.2 \cdot 10^3 \frac{дж}{кг \cdot K}, \lambda_{лед} = 3.35 \cdot 10^3 \frac{дж}{кг}$$

Решение:

2-е начало, энтропия либо растет, либо неизменна. Равновесия нет, лед тает, коктейль охлаждается. В итоге энтропия растет.

Аддитивность энтропии. $\Delta S = \Delta S_{кокт} + \Delta S_{лед}$

Используем уравнения теплового баланса для процессов:

1. Коктейль отдает тепло: Q
2. Лед получает тепло: Q

Энтропия в процессах

Тепло, полученное льдом, идет на плавление льда Q_1 и на нагревание Q_2 талой воды до : T_2

$$Q_1 = \lambda_{лед} m_{лед}$$

$$Q_2 = m_{вода} T_{лед} T(\quad - \quad _{пл})$$

Полученное льдом тепло: $Q = Q_1 + Q_2$

Тепло, отданное коктейлем. Коктейль остывает от $T_к$ до Т и отдает при этом тепло, равное:

$$Q = \quad m_{кокт} \quad T_{кокт}(T_к - \quad)$$

Баланс: $C_{кокт} m_{кокт}(T_к - T) = \lambda_{лед} m_{лед} + C_{вода} m_{лед}(T - T_{пл})$

Решаем относительно Т:

$$T = \frac{C_{кокт} m_{кокт} T_к + C_{вода} m_{лед} T_{пл} - \lambda_{лед} m_{лед}}{C_{кокт} m_{кокт} + C_{вода} m_{лед}}$$

Энтропия в процессах

А) Энтропия льда возрастает в двух процессах: $\Delta S_{лед} = \Delta S'_{лед} + \Delta S''_{лед}$

1. Лед тает: $\Delta S'_{лед} = \dfrac{\lambda_{лед} m_{лед}}{T_{пл}} = 12.27 \dfrac{дж}{K}$

2. Растаявший лед превратился в воду, и она нагрелась:

$$\Delta S''_{лед} = m_{вода} c_{лед} \ln \frac{T_2}{T_1} = 2.25 \frac{дж}{K}$$

Итак, энтропия льда увеличилась на: $\Delta S_{лед} = \Delta S'_{лед} + \Delta S''_{лед} = 14.52 \dfrac{дж}{K}$

В) Энтропия коктейля.

Коктейль остывает, его энтропия уменьшается:

$$\Delta S_{кокт} = m_{кокт} c_{кокт} \ln \frac{T_0}{T_к} = -13.77 \frac{дж}{K}$$

Результат: $\Delta S = \Delta S_{лед} + \Delta S_{кокт} = 14.52 - 13.77 = 0.75 \dfrac{дж}{K}$