

50% смещен в сторону высоких температур. Во-вторых, в пределе $T \rightarrow \infty$ теплоемкость стремится к постоянной Больцмана k со стороны значений $C > k$ после прохождения максимального значения равного $(C)_{\max} \approx 1,17k$, в отличие от осциллятора, у которого теплоемкость монотонно возрастает от нуля до k . В-третьих, значение теплоемкости в максимуме больше в 2,6 раза по сравнению с двухуровневой системой, и в 1,43 раза по сравнению с обычным осциллятором. Указанные отличия могут быть существенными при интерпретации экспериментов по теплоемкости.

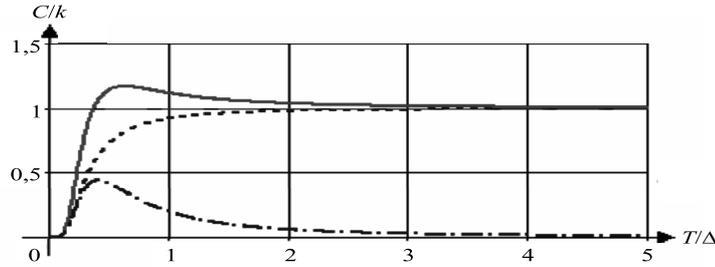


Рис. 1. Теплоемкость C модельного осциллятора как функция температуры T (верхняя кривая). Нижняя пунктирная кривая — двухуровневая система, средняя кривая — обычный осциллятор

Энтропия гармонического осциллятора и двухуровневой системы даются выражениями [1, 2]:

$$S = (\hbar\omega/T)(1 - e^{-\hbar\omega/kT})^{-1} - k \ln(e^{\hbar\omega/kT} - 1),$$

$$S = (\Delta/T)(e^{-\Delta/kT} + 1)^{-1} - k \ln(1 + e^{-\Delta/kT}).$$

Отсюда, при равенстве энергий Δ и $\hbar\omega$, энтропия модельной системы принимает вид:

$$S = k \ln[\text{cth}(\hbar\omega/2kT)] + \hbar\omega/[T \text{sh}(\hbar\omega/kT)]. \quad (4)$$

При высоких температурах ($T \rightarrow \infty$) энтропия определяется только первым слагаемым в (4), а при низких ($T \rightarrow 0$) — вторым слагаемым. Зависимость энтропии от температуры, вычисленная по формуле (4), представлена на рис. 2.

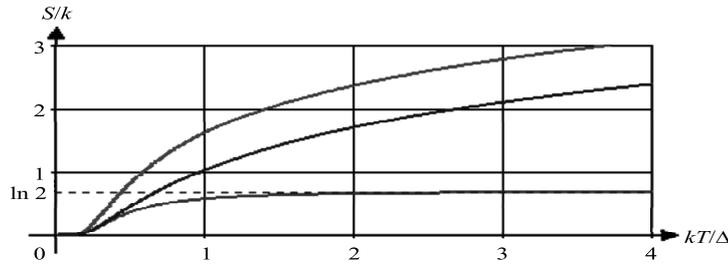


Рис. 2. Зависимость энтропии S от температуры T . Нижняя кривая представляет двухуровневую систему, верхняя — модельный осциллятор, средняя кривая — обычный осциллятор ($\Delta = \hbar\omega$)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. М.: Наука, 1977, 336 с.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц И. М. Статистическая физика. Т.1 . М.: Наука, 1976, 584 с.