РАЗДЕЛ I. ФИЗИКА

Карканица И.А.
Законы термодинамики

(Россия, Москва)

doi:10.18411/spc-12-11-2017-01

idsp: 000001:spc-12-11-2017-01

Аннотация

В статье рассматриваются законы термодинамики, исходя из предположения, что причиной теплового движения частиц в термодинамической системе является воздействие на них элементарных квантов энергии (фотонов). Теплота имеет электромагнитную природу.

Abstract

The article considers thermodynamic laws on the basis of the premise that the thermal motion of particles is caused by the impact of elementary quanta of energy (photons of light). Warmth has electromagnetic nature.

The original method of derivation of the Stefan–Boltzmann formula for calculating the radiated power of black-body per unit area is used for the scientific validation of the hypothesis.

The article also unfolds and mathematically substantiates the physical essence of entropy regarding it as the interaction of the energy of the photons of electron shell and the thermal motion energy of the photons of particles in a system.

I. Нулевое начало термодинамики (Понятие температуры)

Материальное тело образовано суммой материальных частиц (атомов, молекул). Частицы в материальном теле находятся в непрерывном хаотическом движении, т. е. обладают внутренней энергией. В настоящий момент, нет чёткого согласованного представления о природе этой внутренней энергии.

Рассмотрим гипотезу, что причиной движения частиц является их взаимодействие с фотонами, которые передают им свою электромагнитную энергию. Следовательно, внутренняя энергия материального объекта – это электромагнитная энергия суммы фотонов, находящихся в теле. Квант электромагнитной энергии во взаимодействии с частицами вещества образует квант тепловой энергии.

Фотон состоит из элементарного электрического заряда $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ ас}$

Энергия электромагнитного кванта фотона $h\nu$ равна энергии теплового кванта kT

$$E = kT = h\nu$$

kT – энергия кванта тепловой энергии, где

T – температура;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{°К}}$ – постоянная Больцмана (изменение энергии частицы при изменении температуры на 1 Кельвин);

$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ вас}^2$ – постоянная Планка;

ν – частота фотона.

Энергия электромагнитного кванта электромагнитной энергии $h\nu$ (фотона) может быть выражена через другие параметры:

$E = \frac{\mu_0 e^2 c^2}{4\pi r_h \alpha}$ – энергия элементарного электрического заряда, движущегося со скоростью c

$$E = h\nu = \frac{e^2}{4\pi r_h \alpha \varepsilon_0} = \frac{\mu_0 e^2 c^2}{4\pi r_h \alpha} = \frac{\mu_0 e^2 c^2}{4\pi r_h} \frac{2\varepsilon_0 h c}{e^2} = \frac{2hc}{4\pi r_h} = h\nu, \text{ где}$$

$$\alpha = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 h c} = \frac{1}{137} - \text{постоянная тонкой структуры.}$$

$$\text{Проанализируем равенство: } E = kT = h\nu = \frac{\mu_0 e^2 c^2}{4\pi r_h \alpha} = \frac{\mu_0 e}{2\alpha} \cdot e c \cdot \frac{c}{2\pi r} = \frac{\mu_0 e}{2\alpha} e c v$$

$$\frac{\mu_0 e}{2\alpha} = \frac{\mu_0 e}{2} \cdot \frac{2\varepsilon_0 h c}{e^2} = \frac{\mu_0 \varepsilon_0 h c}{e}$$

$$\mu_0 \varepsilon_0 = \frac{1}{c^2}$$

$$\text{Соответственно: } \frac{\mu_0 \varepsilon_0 h c}{e} = \frac{h c}{e c^2} = \frac{h}{e c}$$

Имеем:

$$kT = h\nu = \frac{h}{e c} \cdot e c v$$

$$k = \frac{h}{e c} - \text{постоянная Больцмана}$$

$$k = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^8} = 1,38 \cdot 10^{-23}$$

$T = e c v$ – температура

Размерность температуры:

$$T = e c v \left(a c \cdot \frac{m}{c} \cdot \frac{1}{c} = \frac{a c m}{c^2} = \frac{км}{c^2} \right)$$

Таким образом, один градус Кельвина равен одному кулону умноженному на ускорение частицы при воздействии на нее элементарного кванта энергии электромагнитного поля.

Выводы:

1. Постоянная Больцмана (энергия, приходящаяся на 1°K) – энергия частицы, соответствующая изменению температуры на 1°K, может быть выражена через различные мировые постоянные: $K = \frac{h}{e c} = \frac{\mu_0 e}{2\alpha}$

2. Температура – энергетическая характеристика квантов электромагнитной энергии, сумма которых, взаимодействуя с частицами системы, образует ее внутреннюю энергию: $T = e c v$

3. Внутренняя энергия термодинамической системы квантована имеет электромагнитную природу.

Из данного определения температуры, автоматически вытекает шкала абсолютных температур, соответствующая шкале электромагнитных волн.

Пример: Мощность теплового излучения абсолютно чёрного тела с единицы площади.

Температура тела определяется частотой (средним значением) единичных фотонов, сумма которых находится в теле во взаимодействии с молекулами вещества, составляющих тело, имеет электромагнитную природу.

Мощность теплового излучения абсолютно черного тела с единицы поверхности равна вектору Пойтинга для электромагнитного излучения.

$$S = |E_h H_h|, \text{ где}$$

S – вектор Пойтинга;

E_h – напряженность электрического поля фотона;

$$E_h = \frac{e}{4\pi \varepsilon_0 r_h^2};$$

H_h – напряженность магнитного поля;

$$H_h = \frac{e c}{2\pi r_h^2 \alpha};$$

ε_0 – электрическая постоянная;

$2\pi r_h$ – длина волна фотона;

α – постоянная тонкой структуры;

c – скорость света;

e – элементарный электрический заряд.

Подставляем значения $E_h = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_h^2}$ и $H_h = \frac{ec}{2\pi r_h^2 \alpha}$ в формулу $S = |E_h H_h|$

Получаем: $S = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_h^2} \cdot \frac{ec}{2\pi r_h^2 \alpha} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_h \alpha} \cdot \frac{c}{2\pi r_h^3} = \frac{hv^2 \cdot 4\pi^2}{r_h^2 \cdot 4\pi^2} = \frac{4\pi^2 hv^2}{\lambda^2}$, где

$\nu = \frac{c}{2\pi r_h}$ – частота фотона

$h\nu = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_h \alpha}$ – энергия элементарного электрического заряда

$\lambda = 2\pi r_h$ – длина волны фотона

Преобразуем уравнение $S = \frac{4\pi^2 hv^2}{\lambda^2}$ с учётом значений:

$T = ec\nu$ – температуры,

$k = \frac{h}{ec}$ – постоянной Больцмана, выведенных выше

$\lambda = \frac{c}{\nu}$ – длина волны фотона.

Имеем: $S = \frac{4\pi^2 hv^2}{\lambda^2} = 4\pi^2 hv^2 \cdot \frac{\nu^2}{c^2} \cdot \frac{h^3 c^4 e^4}{h^3 c^4 e^4} = \frac{4\pi^2 k^4 T^4}{h^3 c^2}$

Полученное уравнение $S = \frac{4\pi^2 k^4 T^4}{h^3 c^2} \frac{\text{ва}}{\text{м}^2}$ является уравнением для определения мощности теплового излучения абсолютно чёрного тела с единицы поверхности.

Выведенная формула совпадает с аналогичной формулой Стефана-Больцмана:

$$S = \frac{2\pi^5}{15} \cdot \frac{k^4}{h^3 c^2} T^4$$

Мощность теплового излучения абсолютно чёрного тела с единицы площади равна вектору Пойтинга для электромагнитного излучения, что подтверждает электромагнитную природу теплового излучения.

Второе начало термодинамики (Энтропия)

Характеристикой состояния термодинамической системы при постоянной температуре является энтропия.

Математическое выражение энтропии

$$\begin{aligned} \int ds &= \int \frac{dQ}{T} \\ S &= \int \frac{k dT}{T} = k \ln T \\ \int \frac{k e c d\nu}{ec\nu} &= k \ln \nu \end{aligned}$$

Q – теплота,

T – температура,

c – скорость света,

ds – приращение энтропии,

S – энтропия,

k – постоянная Больцмана,

e – элементарный электрический заряд.

Суть энтропии получение тепловой энергии термодинамической системой при постоянной температуре.

Энергию термодинамической системы можно представить из двух составляющих:

1. Внутренняя энергия электронной оболочки атома:

Электрон в атоме движется по орбите относительно его ядра под воздействием фотона, который, взаимодействуя с последним, передает ему свою энергию и импульс, придавая скорость движения.

Энергия фотона (системы «фотон-электрон») равна кванту тепловой энергии $h\nu = kT$, то есть соответствует температуре термодинамической системы, то есть

радиус орбиты пропорционален температуре. Изменение температуры приводит к изменению радиуса орбиты движения электрона относительно ядра атома.

2. Энергия хаотического движения атомов, молекул, т.е. составляющих термодинамическую систему частиц. Причиной движения частиц является, как и в случае движения орбитальных электронов, фотоны, передающие свой импульс и движение частице.

Следовательно, энергия термодинамической системы состоит из энергии фотонов электронных оболочек атомов и фотонов, взаимодействующих с частицами вещества, составляющих термодинамическую систему. Фотоны электронных оболочек атомов могут взаимодействовать с фотонами, находящимися вне атомов.

Тепловое равновесие системы наступает при условии выравнивания энергии фотонов, т.е. при температуре системы, когда радиусы орбит электронов будут соответствовать скорости движения частиц, определяющих температуру.

В случае равенства энергии фотонов внутренних (фотон-электронов) и наружных имеет место тепловое равновесие, когда нет обмена энергией между фотонами (замкнутая система) – энтропия равна нулю, т.е. нет передачи энергии в системе.

Внутренняя энергия фотонов (фотон-электронов) не может быть меньше энергии внешних фотонов, так как в этом случае атомы нестабильны из-за нестабильности электронных оболочек.

Энергия фотонов электронных оболочек атомов определяется температурой термодинамической системы.

Энергия фотонов электронных оболочек атомов не может превышать энергию фотонов системы, так как все фотоны связаны с электронами оболочек атомов; свободных фотонов нет. В этом случае перетоков энергии между фотонами системы и фотонами электронных оболочек не наблюдается (отрицательная энтропия).

В случае, когда энергия фотонов системы превышает энергию фотонов электронных оболочек. Возможен переток энергии системы к энергии электронных оболочек атомов (положительное значение энтропии).

Следовательно, энтропия изолированной термодинамической системы может только увеличиваться и при достижении термодинамического равновесия оставаться постоянной.

В любом процессе замкнутой термодинамической системы энтропия или увеличивается или остается неизменной – второе начало термодинамики.

Нет ни одного термодинамического процесса, результатом которого было бы поглощение тепла и превращение его в работу, то есть часть тепла будет затрачена на стабилизацию энергии электронной оболочки атомов, входящих в состав термодинамической системы.

Третье начало термодинамики – закон Нернста – при стремлении температуры термодинамической системы к нулю, энтропия стремится к нулю.

$$\int ds = \int \frac{dQ}{T} = 0, S = k \ln v = 0$$

Снижение температуры термодинамической системы приводит к прекращению обмена энергией между электронными оболочками атомов и энергией элементов, определяющей температуру системы (энтропия равна нулю).

Выводы:

1. Внутренняя энергия термодинамической системы складывается из двух составляющих:

- 1) энергии электронной оболочки атомов
- 2) энергии теплового движения частиц (атомов, молекул)

2. Энтропия не может уменьшаться

3. Энтропия – взаимодействие энергии фотонов электронной оболочки атомов и энергии фотонов теплового движения частиц системы.

4. При температуре системы $T=0$, энтропия равна нулю.