Мусабеков О.У.

*Алматинский технологический университет**Алматы, Казахстан*

doi: 10.18411/lj-28-02-2017-4-05

idsp 000001:lj-28-02-2017-4-05

Обучение студентов к оценке соотношении составных частей внутренней энергии

Аннотация

Анализ научной и учебной литературы физики по внутренней энергии и ее составных частей позволил нам выявить непонимания студентами сущности этих вопросов. Изучение состояния уровней знаний студентов по данным вопросам показывает, что представления студентов о внутренней энергии и ее составных частей поверхностные. Обучение оценке соотношения составных частей внутренней энергии способствует пониманию сущности этих вопросов.

Ключевые слова: внутренняя энергия, внутримолекулярная энергия, энергия электронных оболочек атомов, внутриядерная энергия, энергия покоя.

Abstract

The analysis of scientific and educational literature of physics on internal energy and her component parts allowed to reduce непонимания us the students of essence of these questions. The study of the state of levels of knowledge of students shows on these questions, that ideas of students about internal energy and of her component parts superficial. Educating to the estimation correlation of component parts of internal energy assists understanding of essence of these questions.

Keywords: internal energy, intramolecular energy, energy of electronic shells of atoms, energy into a kernel, self-energy.

Понимание – это операция мышления, представляющая собой оценку объекта (текста, поведения, явления природы) на основе некоторого образца, стандарта, нормы, принципа и т.п.[1]. В качестве объекта понимания студентами нами выбрано понятие физики - внутренняя энергия.

Внутренняя энергия включает энергию хаотического (теплового) движения всех микрочастиц системы (молекул, атомов, ионов и т. д.) и энергию взаимодействия этих частиц. Кинетическая энергия движения системы

как целого и её потенциальная энергия во внешних силовых полях во внутреннюю энергию не входят. В термодинамике и её приложениях представляет интерес не само значение внутренней энергии системы, а её изменение при изменении состояния системы. Поэтому обычно принимают во внимание только те составляющие внутренней энергии, которые изменяются в рассматриваемых процессах изменения состояния вещества [2]. Данное определение, взятое из физического энциклопедического словаря, нуждается дополнительного разъяснения, иначе непонятно. Так как, непонятно какие составляющие внутренней энергии не изменяются и почему?

В 2-ой книге И.В. Савельева внутренняя энергия определяется как сумма кинетической энергии поступательного и вращательного движения молекул, кинетической и потенциальной энергии колебательного движения атомов в молекулах, потенциальной энергии взаимодействия между молекулами и внутримолекулярной энергии (т.е. энергии электронных оболочек атомов и внутриядерной энергии).

В термодинамические формулы входит не сама энергия, а ее изменение. Поэтому внутреннюю энергию можно определять с точностью до произвольной аддитивной постоянной, выбирая ее так, чтобы выражение для энергии было предельно простым. В частности, обычно изучаются процессы, при которых внутримолекулярная энергия остается постоянной, в связи с чем эту энергию можно отбрасывать [3, с.14-15].

Такое описание внутренней энергии тоже не недостаточно понятно. Так как, непонятно: Что такое обычные процессы? Почему в таких процессах внутримолекулярная энергия остается постоянной? Если атомы в составе молекулы, то почему, кинетическая и потенциальная энергии колебательного движения атомов в молекулах не входят во внутримолекулярную энергию?

В первой книге И.В. Савельева внутренняя энергия тела или частицы определяется как энергия их покоя E_0 [4, с.227]:

$$E_0 = m_0 c^2, \quad (1)$$

где m_0 – масса покоя тела или частицы, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме.

Энергия покоя E_0 такого тела содержит в себе, помимо энергий покоя входящих в его состав частиц, также кинетическую энергию частиц E_k , обусловленную их движением относительно центра масс тела и энергию их взаимодействия $E_{вз}$ друг с другом:

$$E_{вн} = E_0 = \sum m_{0i} c^2 + E_k + E_{вз}, \quad (2)$$

где $E_{вн}$ – внутренняя энергия тела как энергия его покоя, $E_{0i} = \sum m_{0i} c^2$ – суммарная энергия покоя частиц входящих в состав тела, E_k – кинетическая энергия частиц относительно центра масс тела, $E_{вз}$ – энергия взаимодействия частиц друг с другом.

В уравнении (2) выражение $E_k + E_{вз}$ заменим суммой кинетической энергии поступательного и вращательного движения молекул, кинетической и потенциальной энергией колебательного движения атомов в молекулах,

потенциальной энергией взаимодействия между молекулами U ; энергией электронной оболочки атома $E_{эoa}$ и внутриядерной энергией $E_{вя}$. Поэтому,

$$E_{вн} = \sum m_{0i} c^2 + U + E_{эoa} + E_{вя}. \quad (3)$$

Оценим для одной частицы значения E_{0i1} , U_1 , $E_{эoa1}$, $E_{вя1}$. Пусть $m_{0i} \approx 3,3 \cdot 10^{-27}$ кг - масса одной молекулы водорода, ее энергия покоя $E_{0i1} \approx 3 \cdot 10^{-10}$ Дж. Часть внутренней энергии U для одной молекулы водорода:

$$U_1 = \frac{5}{2} kT, \quad (4)$$

где $k = 1,38 \approx 1,38$ Дж/К, $T \approx 300$ К (комнатная температура). Тогда энергия одной молекулы водорода: $U_1 \approx 10^{-20}$ Дж, где k – постоянная Больцмана.

Энергию электронной оболочки атома $E_{эoa1}$ оценим на примере энергии ионизации атома водорода, значение которой равно $E_{эoa1} = 13,6$ эВ $\approx 2,2 \cdot 10^{-18}$ Дж.

Внутриядерной энергии для одной частицы оценим на примере удельной энергии связи атомного ядра изотопа водорода ${}^2_1\text{H}$, которая равна 1,1 МэВ или $E_{вя} \approx 1,8 \cdot 10^{-13}$ Дж.

Соотношение значений составных частей внутренней энергии по порядку возрастания примерно $U_1 : E_{эoa1} : E_{вя1} : E_{0i1} = 1 : 102 : 107 : 10^{10}$. Следовательно, энергия электронных оболочек атомов в 102, внутриядерная энергия – 107, а суммарная энергия покоя частиц входящих в состав тела – 109 раз больше чем часть внутренней энергии U . Тем не менее, протекание многих физических явлений (фазовые переходы первого рода, поверхностные натяжения, смачивание и др.) связаны с частью внутренней энергии U и с ее изменениями.

Если по формуле (4) значению энергии $U_1 = 10^{-20}$ Дж соответствует температура $\approx 10^2$ К, то значению других составляющих внутренней соответствующие значения температуры: 104, 109, 1012 К. Поэтому, можно считать, что при обычных температурах ($\approx 10^2$ К) $\sum m_{0i} c^2 + E_{эoa} + E_{вя} = \text{const}$, или $\Delta(\sum m_{0i} c^2 + E_{эoa} + E_{вя}) = 0$. Следовательно, изменение полной внутренней энергии определяется с изменением ее составляющей U :

$$\Delta E_{вн} = \Delta U.$$

После проведенной такой аналитической и оценочной работы со студентами мы оценили их понимание данного вопроса по их ответам на следующие вопросы: из каких частей она состоит, каждая из частей в каких физических процессах определяющие значения имеют, каково соотношение между ними. Их ответы оценены положительно.

Литература

1. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy /951/Понимание. (Дата обращения: 14.02.2017)
2. Физика. Большой энциклопедический словарь /Прохоров А. –М.: Издательство: Большая Российская энциклопедия, 1998. – 952 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики: В 5-ти кн.: Кн.3: Молекулярная физика и термодинамика: Учеб. пособие для втузов/И.В. Савельев. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2005. – 208 с.
4. Савельев И.В. Курс общей физики: В 5-ти кн.: Кн.1: Механика: Учеб. пособие для втузов/И.В. Савельев. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2004. – 336 с.