Технически науки

Коментар върху обемното топлинно разширение на телата

Йордан Димов, Димитър Попов

Comment On The Volume Temperature Extension Of The Bodies: *Change of the volume of the bodies has been studied under the supposition that the volume change is proportional in the initial volume and to the temperature change. When the coefficient of the volume extension β is constant in a definite temperature interval the results show an exponential increase of the volume with temperature increase. In the case when the temperature interval is small enough the exponential dependence can be approximated to linear.*

Key words: *coefficient of the volume extension*

ВЪВЕДЕНИЕ

Под тяло ще разбираме: твърдо тяло, течност или газ.

В най-общият случай при изменение на температурата, телата си изменят размерите, а от там и обема. Тези изменения са резултат от колективното действие на структурните елементи, съдържащи се в обема на тялото, тъй като изменението на температурата води до изменение на междуатомните разстояния [1]. По нататък ще говорим само за обемно разширение. То е характерно за всички агрегатни състояния. Основната величина, характеризираща обемното разширение е коефициента на обемно разширение β. Този коефициент зависи от вида на веществото и от неговото агрегатно състояние. В най-общия случай коефициентът β зависи и от температурата [2,3].

Обикновено при изучаване на обемното разширение, коефициентът β се смята за постоянен (независещ от температурата) за даден температурен интервал. В този интервал се счита, че обемът се изменя по линеен закон [2,3].

В тази работа ние ще прецизираме нещата като използваме по-общи предположения. На базата на тези предположения се получава по-общ закон за изменение на обема, от който по-нататък следва с известно приближение споменатата по-горе линейна зависимост между обема на тялото и неговата температура.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Обемното разширение на телата се наблюдава при всички агрегатни състояния, като то е най-силно изразено при парите и газовете.

При разглеждането ще смятаме, че изменението на температурата е в такъв интервал, че агрегатното състояние на разглежданото вещество не се променя. При наличие на фазов преход състоянието на веществото рязко се променя, като свойствата на получената нова фаза (в това число и топлинните свойства) се различават съществено от тази на старата.

По-нататък разглеждаме тяло, което в равновесно състояние има температура T, чиито обем при тази температура е V.

Процесът на изменение на температурата ще смятаме за равновесен. Изменението на температурата T става толкова бавно, че стойността и е една и съща за всички точки от обема на тялото. От това следва, че обемът при новата температура е стигнал равновесното си състояние T.

Нека при изменение на температурата с dT (от T до $T+dT$), обемът на тялото се изменя с dV (от V до $V+dV$).

Тъй като измененията са достатъчно малки, можем да смятаме, че dV е пропорционално на dT и на обема V.

$$dV = \beta V dT\,, \tag{1}$$

като коефициентът β се нарича коефициент на обемно температурно разширение и в най-общия случай той зависи от температурата.

Интегрираме това уравнение за изменение на температурата в границите от T_0 до T и съответно обема от V_0 до V и получаваме

$$V = V_0 \ell^{\int_{T_0}^{T} \beta(t)dT}\,. \tag{2}$$

В зависимостта (2) T_0 и V_0 са съответно началната температура и началният обем, а V е обемът при температура T.

Ако за температурния интервал от T_0 до T $\beta(t) = const$, от (2) следва

$$V = V_0 \ell^{\beta(T-T_0)}. \tag{3}$$

Обикновено интервалът $\Delta T = T - T_0$, в който коефициентът β не зависи от температурата, не е голям, а самият коефициент β е от порядъка на 10^{-3} – 10^{-5} K^{-1} .[1] От това следва, че произведението $\beta\Delta T$ е малко, така че в разложението на експоненциалната функция в ред [4]

$$\ell^{\beta\Delta T} = 1 + \frac{\beta\Delta T}{1!} + \frac{\beta^2\Delta T^2}{2!} + \ldots + \frac{\beta^n\Delta T^n}{n!} + \ldots\,,$$

отчитайки, че $\beta\Delta T << 1$, след пренебрегване на членовете с по-голям порядък от първи, се получава приближеният резултат за решението (3) от вида

$$V = V_0(1 + \beta\Delta T) = V_0[1 + \beta(T - T_0)]. \tag{4}$$

При преминаване в Целзиева скала $(\Delta T = \Delta t = t - t_0)$

$$V = V_0(1 + \beta\Delta t) = V_0[1 + \beta(t - t_0)]. \tag{5}$$

Ако за начална температура се приеме температурата на топене на леда (t_0=0˚C), равенството (5) добива вида

$$V = V_0(1 + \beta t), \tag{6}$$

където V_0 е обемът на тялото при 0˚C, а V е обемът при температура T. Тази формула се използва най-често в учебната литература. [1,2].

При идеалните газове размерите на молекулите се пренебрегват. Пренебрегва се и тяхното взаимодействие. При температура 0К молекулите спират да се движат хаотично, от което следва, че обемът на идеалния газ при абсолютната нула (t= -273,15˚C) ще бъде нула. Тогава от зависимостта (6) се получава

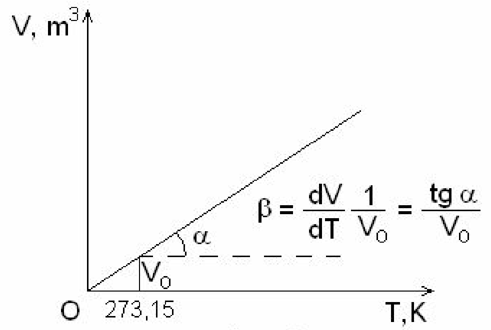
$$\beta = \left(\frac{V}{V_0} - 1\right)\frac{1}{t} = \frac{1}{273{,}15}K^{-1} \tag{7}$$

В (7) е отчетено, че при t=-273,15˚C $V = 0$.

Ако се мине в скалата на абсолютната температура, зависимостта (6) добива вида

$$V = V_0[1 + \beta(T - 273{,}15)] = V_0\beta T \tag{8}$$

Зависимостта (8) е валидна само за идеалните газове. Графично тази зависимост е показана на фиг.2.



Фиг. 2

За идеалните газове, при изохорен процес зависимостта на налягането от температурата е аналогична на зависимостите (6) и (8), като термичния коефициент на налягането β е същият като коефициента на обемно разширение $\left(\beta = \dfrac{1}{273{,}15}\right)$.

При абсолютната нула освен обема, нула става и налягането на идеалния газ (молекулите не извършват хаотично движение и не упражняват налягане).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В тази работа е използван по-общ подход, за намиране на зависимостта на обема на телата от температурата. Използвани са и двете температурни скали – целзиевата и келвиновата. Ако коефициентът на обемно температурно разширение в определен температурен интервал е постоянен, обемът на тялото е експоненциално нарастваща функция на температурата, като при достатъчно малък подекспоненциален множител $(\beta.\Delta T << 1)$ зависимостта $V = V(T)$ с приближение може да се разглежда като линейна.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Колектив от катедра по физика в РУ”А.Кънчев” Лабораторен практикум по физика, Русе, 1995

[2]. Г.А.Зисман, О.М.Тодес „Курс общей физики” том I Москва, изд. Наука, 1972

[3]. И.В.Савельев „Курс общей физики” том I Москва, изд. Наука, 1972

[4]. Х.Й.Барч „Математически формули” София, изд. „Наука и изкуство”, 1990

За контакти:

Доц. д-р Димитър Попов, Катедра “Физика”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Тел.: 082 45-20-09, 583, E-mail: dpopov@ru.acad.bg.

Гл. ас. инж. Йордан Димов, Катедра “Технически и природоматематически науки”, Русенски университет “Ангел Кънчев” Филиал Силистра, Тел.: 086 823961, 217, E-mail: jdimov@abv.bg.

Докладът е рецензиран.