

A metán molekula tetraéder alakú, így 3 translációs és 3 forgási szabadsági fokkal rendelkezik.

a) Az ekvipartíció tétele szerint a translációra

$$(3/2)kT = (1/2)m\langle v^2 \rangle,$$

ahol $\langle v^2 \rangle$ a molekulák sebességnégyzetének átlaga. A molekulák átlagsebessége jellemezhető $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ -tel:

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}},$$

ahol m egy metánmolekula tömege, ami 16-szorosa egy hidrogénatom tömegének, ami $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg. Így $m = 16 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg $= 2,667 \cdot 10^{-26}$ kg. Behelyettesítve a megfelelő értékeket: $v = 881$ m/s.

b) Egy molekula 6 szabadsági fokkal rendelkezik, így az ekvipartíció tétele szerint egy-egy molekula átlagos energiája $\varepsilon = 6 \cdot (1/2)kT = 2,07 \cdot 10^{-20}$ J.

c) A hőkapacitás definíciója szerint $C = \Delta Q / \Delta T$, ahol ΔQ a közölt hő a hőmérséklet ΔT -vel való megváltoztatásakor. A belső energia változása a kinetikus gázelmélet alapján:

$$\Delta U = (f/2)Nk\Delta T,$$

ahol N az anyag molekuláinak száma. 16 g metánban $6 \cdot 10^{23}$ molekula van, 0,9 g-ban $N = (0,9/16) \cdot 6 \cdot 10^{23} = 3,375 \cdot 10^{22}$ molekula van.

Állandó térfogaton nincs munkavégzés, ezért $\Delta Q = \Delta U$, így

$$C_v = (f/2)Nk = 1,397 \text{ J/K}.$$

Állandó nyomáson térfogati munkát is kell végezni. Ez

$$\Delta W = p\Delta V = Nk\Delta T.$$

Ennélfogva állandó nyomáson a

$$\Delta Q = \Delta U + p\Delta V$$

összefüggés érvényes, így a hőkapacitás

$$C_p = (f/2)Nk + Nk = [(f+2)/2]Nk = 1,867 \text{ J/K}.$$

Horváth Péter (Gyöngyös, Berze Nagy J. Gimn., III. o. t.)

Megjegyzés. A molekulák sebességének eloszlására fennáll a Maxwell-féle sebességeloszlási törvény, amely szerint azoknak a molekuláknak a $\Delta N/N$ relatív száma, amelyek sebessége v és $v + \Delta v$ közé esik:

$$\frac{\Delta N}{N} = f(v)\Delta v,$$

ahol az úgynevezett eloszlási függvény:

$$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2} v^2 \exp \left(-\frac{mv^2}{2kT} \right).$$

Itt m egy molekula tömege (lásd Budó Á.: Kísérleti Fizika, I. 421. o.). A molekulák átlagsebessége (számítási közép)

$$\bar{v} = \int_0^\infty v f(v) dv = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\frac{2kT}{m}}.$$

Számadatainkkal $v = 811,2$ m/s.

Ez kicsit más, mint a feladatban kiszámolt sebességnégyzet átlagából vont négyzetgyök.

Fáth Gábor (Bp., Fazekas M. Gyak. Gimn., III. o. t.)