
خلاصه فیزیک هالیدی - فصل پانزدهم: نظریه جنبشی گازها

نظریه جنبشی گازها : نظریه جنبشی گازها خواص میکروسکوپی گازها (برای مثال، فشار و دما) را به خواص میکروسکوپی مولکولهای گاز (برای مثال تندی و انرژی جنبشی) ارتباط می دهد.

عدد آووگادرو: یک مول از ماده شامل N_A (عدد آووگادرو) واحد بنیادی (معمولاً اتم یا مولکول) است، که از تجربه اندازه زیر برای N_A به دست آمده است:

$$N_A = \frac{6}{02} \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \text{ (عدد آووگادرو)}$$

جرم مولی M از هر ماده عبارت است از جرم یک مول از آن ماده. این عدد با این رابطه به جرم m مولکول های مجرای ماده مربوط می شود:

$$M = m N_A$$

تعداد مولهای n موجود در نمونه ای به جرم نمونه M ، که N مولکول دارد با رابطه زیر داده می شود:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{M_{\text{نمونه}}}{M} = \frac{M_{\text{نمونه}}}{m N_A}$$

گاز آرمانی: گاز آرمانی گازی است که در آن رابطه فشار p و حجم v دمای T به صورت زیر است:

$$pv = nRT \quad \text{(قانون گاز های آرمانی)}$$

در اینجا n تعداد مولهای گاز و R ثابتی است (8/31J/mol . k) که ثابت گاز نامیده می شود قانون گاز آرمانی به صورت زیر نیز نوشته می شود:

$$p v = N k T$$

که k ثابت بولتزمن برابر است با:

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{1}{38} \times \frac{10^{-23} J}{k}$$

کار در تغییر حجم تکدما: کار انجام شده به وسیله یک گاز آرمانی در ضمن تغییر حجم تکدما (دمای

ثابت) از حجم v_i به حجم v_f عبارت است از:

$$w = n R T \ln \frac{v_f}{v_i} \quad (\text{گاز آرمانی, فرآیند تکدما})$$

فشار , دما و تندی مولکولی: فشار وارد شده به وسیله n مول گاز آرمانی, بر حسب تندی مولکولهای

آن عبارت است از:

$$p = \frac{n M v_{rms}^2}{3 v}$$

که در آن $v_{rms} = \sqrt{(v^2)_{avg}}$ تندی جذر میانگین مربعی مولکولهای گاز است .

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3 R T}{M}}$$

دما و انرژی جنبشی: انرژی جنبشی انتقالی متوسط k_{avg} هر مولکول از گاز آرمانی عبارت است از:

$$k_{avg} = \frac{3}{2} k T$$

پویش آزاد میانگین: پویش آزاد میانگین یک مولکول گاز عبارت است از متوسط طول مسیر میان برخوردهای مولکول و با رابطه زیر داده می شود:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot d^2 N/V}}$$

که N/V تعداد مولکولها در یکای حجم و d قطر مولکول است.

توزیع تندى ماكول: توزیع تندى ماكول $P(v)$ عبارت است از تابعی مانند $P(v)dv$ که کسرى از مولكولهاى با تندىهاى واقع در بازه dv به مركزيت تندى v را به دست مى دهد:

$$p(v) = 4 \cdot \left[\frac{M}{2 \cdot R T} \right]^{3/2} v^2 e^{-Mv^2/2RT}$$

سه مشخصه از توزیع تندىها بين مولكولهاى يك گاز عبارت اند :

$$v_{avg} = \sqrt{\frac{8 R T}{\pi M}} \quad (\text{تندى میانگین})$$

$$v_p = \sqrt{\frac{2 R T}{M}} \quad (\text{متحتملترین تندى})$$

گرماهای ویژه مولى: گرماهای ویژه مولى C_v يك گاز در حجم ثابت به صورت زیر تعريف مى شود:

$$C_v = \frac{Q}{n\Delta T} = \frac{\Delta E_{int}}{n\Delta T}$$

که در آن Q انرژی مبادله شده به صورت گرما با نمونه ای از ماده شامل n مول گاز، ΔT تغییر دمای به وجود آمده در گاز و E_{int} تغییر حاصل در انرژی درونی گاز است. در مورد گاز تک اتمی آرمانی داریم:

$$C_v = \frac{3}{2}R = \frac{12}{5} \text{ J/mol.k}$$

گرمای ویژه مولی C_p یک گاز فشار ثابت به صورت زیر تعریف می شود:

$$C_p = \frac{Q}{n\Delta T}$$

که در آن Q و n و ΔT همان است که در بالا گفته شد. C_p نیز با رابطه زیر داده می شود:

$$C_p = C_v + R$$

در مورد n مول گاز آرمانی داریم:

$$E_{int} = n C_v T \quad (\text{گاز آرمانی})$$

اگر دمای n مول گاز آرمانی محبوس با هر فرآیندی به اندازه ΔT تغییر کند، تغییر در انرژی درونی گاز عبارت است از:

$$\Delta E_{int} = n C_v \Delta T \quad (\text{گاز آرمانی، هر نوع فرآیند})$$

که در آن با توجه به نوع گاز آرمانی باید مقدار متناسب C_v را قرار داد.

درجه های آزادی و C_v : مقدار C_v را با استفاده از قضیه همپاری انرژی پیدا می کنیم، که می گوید به هر درجه آزادی مولکول (یعنی هر راه مستقلی که می تواند انرژی ذخیره کند) به طور متوسط انرژی $\frac{1}{2}kT$ بر مولکول ($\frac{1}{2}RT$ بر مول) وابسته است. اگر F تعداد درجه های آزادی باشد، آنگاه

$$E_{\text{int}} = \left(\frac{f}{2}\right) nRT$$

$$c_v = \left[\frac{f}{2}\right] R = \frac{4}{16f} \text{ J/mol.k}$$

در مورد گازهای تک اتمی $F=3$ (سه درجه آزادی انتقالی)؛ و در مورد گازهای اتمی $F=5$ (درجه آزادی انتقال و دو درجه آزاد چرخشی).

فرآیند بی دررو: هر گاه حجم یک گاز آرمانی به طور پی در پی تغییر کند (تغییری که در آن $Q=0$)، فشار و حجم آن با رابطه زیر بهم مربوط اند:

$$pv^\gamma = \text{ثابت} \quad (\text{فرآیند پی دررو})$$

که در آن $\left(\frac{c_p}{c_v}\right) = \gamma$ • نسبت گرماهای ویژه مولی گاز است. ولی در مورد انبساط آزاد ثابت $pv =$ است.