

نفوذ مولکولی:

فرض کنید که نمونه‌هایی از دو گاز A و B در دو ظرف همانند، جدا از هم در شرایط فشار و دمای یکسان، محبوس شده‌اند. نظریه انرژی جنبشی می‌گوید که مولکولهای این دو گاز در دمای یکسان انرژی جنبشی متوسط یکسان دارند. بنابراین، انرژی جنبشی متوسط مولکولهای گاز A (KE_A) برابر با انرژی جنبشی متوسط مولکولهای گاز B (KE_B) است:

$$KE_A = KE_B$$

انرژی جنبشی جسمی با جرم m که با سرعت u حرکت می‌کند برابر است با:

$$KE = \frac{1}{2}mu^2$$

بنابراین،

$$KE_A = \frac{1}{2}m_A u_A^2 \quad , \quad KE_B = \frac{1}{2}m_B u_B^2$$

سرعت حرکت همه مولکولهای گاز A (یا گاز B) یکسان نیست. نماد u_A (و همچنین u_B) به معنی سرعت یک مولکول با انرژی جنبشی متوسط است. چون

$$KE_A = KE_B$$

پس

$$\frac{1}{2}m_A u_A^2 = \frac{1}{2}m_B u_B^2$$

یا

$$m_A u_A^2 = m_B u_B^2$$

با ترتیب مجدد این معادله، می‌توان نوشت

$$\frac{u_A^2}{u_B^2} = \frac{m_B}{m_A}$$

و اگر از طرفین معادله جذر بگیریم، نتیجه زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{u_A}{u_B} = \sqrt{\frac{m_B}{m_A}}$$

نسبت جرم‌های مولکولی m_B / m_A برابر با نسبت وزنهای مولکولی است. بنابراین:

$$\frac{u_A}{u_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

اگر در هر دو ظرف، منفذی بسیار کوچک و یکسان تعییه شود، مولکولها از آن منفذ فرار می‌کنند. این فرایند، نفوذ مولکولی نامیده می‌شود. سرعت نفوذ (r) برابر با سرعتی است که مولکولها با آن سرعت به منفذ برخورد می‌کنند و این به نوبه خود متناسب با سرعت مولکولی (u) است. واضح است، مولکولهایی که تند حرکت می‌کنند، سرعت نفوذ آنها بیشتر از مولکولهایی است که آهسته‌تر حرکت می‌کنند. بنابراین، نسبت u_A / u_B برابر با نسبت سرعتهای نفوذ r_A / r_B است:

$$\frac{r_A}{r_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

معادله فوق، بیانی از قانون نفوذ گراهام است که آن را توماس گراهام در بررسیهای خود طی سالهای ۱۸۲۸ تا ۱۸۳۳ به دست آورد.

معادله فوق را می‌توان بر حسب چگالی گازها نیز بیان کرد. از آنجا که چگالی یک گاز (d) متناسب با وزن مولکولی آن (M) است، قانون گراهام را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$\frac{r_A}{r_B} = \sqrt{\frac{d_B}{d_A}}$$

واضح است که از دو مولکول با انرژی جنبشی یکسان، آنکه سبک‌تر است سریع‌تر از آنکه سنگین‌تر است حرکت

می‌کند (به رابطه معکوس توجه کنید). اوزان مولکولی O_2 و H_2 به ترتیب، ۳۲ و ۲ است.

چون،

$$\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}} \Rightarrow \frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = \sqrt{16} = 4$$

پس، مولکولهای هیدروژن ۴ بار سریع‌تر از مولکولهای اکسیژن نفوذ می‌کنند. از این اصل برای جداسازی ایزوتوبها

استفاده می‌شود. اورانیم طبیعی شامل ۷۲٪ درصد $^{238}_{92}U$ و ۹٪ درصد $^{235}_{92}U$ است که از این دو فقط

ایزوتوب ^{235}U متحمل شکافت هسته‌ای می‌شود. این ایزوتوب در ساختار نخستین بمب اتمی به کار برده شد.

برای تکمیل این بمب، جداسازی ^{235}U از ^{238}U ضرورت داشت. عمل جداسازی با تبدیل اورانیم طبیعی به

اورانیم هگزاfluوئرید که در $56^{\circ}C$ می‌جوشد، به انجام رسید. در واقع، اورانیم هگزاfluوئرید مخلوطی از UF_6^{235} و

UF_6^{238} است. چنانچه این مخلوط را به صورت گاز و در فشار کم از یک مانع متخلخل عبور دهیم،

UF_6^{235} سبک‌تر، $1/100$ بار سریع‌تر از UF_6^{238} سنگین‌تر نفوذ می‌کند ($\sqrt{352/349} = 1.004$). بنابراین،

غلظت UF_6^{235} در گازی که از مانع عبور کرده است، بیشتر از مخلوط اولیه خواهد بود. این کار باید هزاران بار

تکرار شود تا عمل جداسازی به طور قابل توجهی صورت گیرد.

