

## Клапейрон-Менделеевийн тэгшитгэл, изопроцессууд

Хийн молекулууд бие биеэсээ хол оршиж, эмх замбараагүй чөлөөтэй хөдөлдөг шинж чанартай учраас эдгээрийг материал цэгээр төлөөлүүлж, өөр хоорондоо абсолют харимхай мөргөлдөөн хийхээс өөрөөр үйлчлэлцэхгүй систем гэж үзэж болдог бөгөөд ийм системийг идеал хий гэдэг.

Хийн төлвийг тодорхойлдог макро параметр болох даралт( $P$ ), эзлэхүүн ( $V$ ), температур( $T$ ) гурвын холбоог тогтоосон тэгшитгэлийг идеал хийн хувьд анх Францын эрдэмтэн Б.Клапейрон, Оросын эрдэмтэн Д.Менделеев нар туршилтаар гаргасан бөгөөд үүнийг идеал хийн төлвийн үндсэн тэгшитгэл буюу Клапейрон-Менделеевийн тэгшитгэл гэж нэрлэдэг.

Энэ тэгшитгэл нь:

$$PV = \nu RT$$

хэлбэртэй болно. Энд  $R = 8.31 \text{ Ж/Кмоль}$ -тэй тэнцүү ба  $R$ -ийг хийн түгээмэл тогтмол гэнэ.

$\nu$ —молийн тоо

Өгөгдсөн идеал хийд (масс болон молийн масс тогтмол) явагдах аливаа процессын үед даралт ба эзлэхүүний үржвэрийг температурт харьцуулсан харьцаа тогтмол байна.

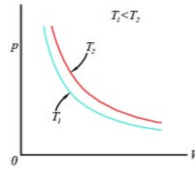
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Даралт, эзлэхүүн, температурын аль нэг нь тогтмол байх үеийн хийн төлөвийн хувирлыг изопроцесс гэдэг.

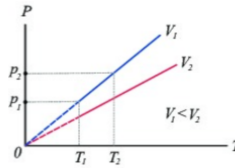
Идеал хийн туршлагын хуулиудыг

- Бойль-Мариоттын хууль ( $T$  тогтмол үед)
- Шарлийн хууль ( $V$  тогтмол үед)
- Гей-Люссакийн хууль ( $P$  тогтмол үед) гэж тус тус нэрлэдэг.
- $T$  тогтмол үед изотерм процесс.

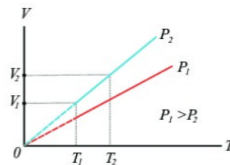
Энэ үед  $PV = \text{const}$  буюу  $P_1 V_1 = P_2 V_2$  байна. Тогтмол температуртай хийн даралт, эзлэхүүнтэй урвуу хамааралтай байна. Энэ бол Бойль-Мариоттын хууль юм.



- $V$  тогтмол үед изохор процесс.  
Энэ үед  $\frac{P}{T} = const$  буюу  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$  байна. Тогтмол эзлэхүүнтэй хийн даралт температуртай шууд хамааралтай байна. Энэ нь Шарлийн хууль юм.



- $P$  тогтмол үед изобар процесс.  
Энэ үед  $\frac{V}{T} = const$  буюу  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$  байна. Тогтмол даралттай хийн эзлэхүүн температуртай шууд хамааралтай байна. Энэ нь Гей-Люссакийн хууль юм.



Жишээ:  $27^0C$  температурт 40л эзлэхүүн бүхий саван доторх хүчилтөрөгч 150ат даралтын дор оршино. Уг хий ердийн нөхцөлд ямар эзлэхүүнтэй байх вэ?

**БОДОЛТ:** Хүчилтөрөгчийн эзлэхүүнийг ердийн нөхцөлд шилжүүлнэ гэдэг нь  $T_0 = 0^0C$  температурт,  $P_0 = 1$ ат даралтанд орших тухайн хийн  $V_0$  эзлэхүүнийг тодорхойлно гэсэн үг юм.

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$$

$$\text{Эндээс } V_0 = \frac{PV \cdot T_0}{P_0T}$$

Томьёонд мэдэгдэж буй утгуудыг орлуулан тооцвол:  $V_0 = 5460\text{л}$  болно.

Жишээ:  $4 \cdot 10^5\text{Па}$  даралттай хий агуулсан 40л эзлэхүүн бүхий савыг агаарыг нь бүрэн соруулсан 10л эзлэхүүн бүхий өөр савтай холбов. Саван доторх хийн эцсийн даралтыг ол. Изотерм процесс гэж үз.

**БОДОЛТ:**  $T$  тогтмол үед  $PV = \text{const}$  буюу  $P_1V_1 = P_2V_2$  байна.

$$\text{Эндээс } P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$$



$$V_2 = V_1 + V_0 = 50\text{л}$$

Томьёонд мэдэгдэж буй утгуудыг орлуулбал:

$$P_2 = \frac{4 \cdot 10^5\text{Па} \cdot 40\text{л}}{50\text{л}} = 3.2 \cdot 10^5\text{Па} \quad \text{болно.}$$

Жишээ: Идеал хийн даралт  $10^5\text{Па}$ , эзлэхүүн 20л, температур нь  $27^\circ\text{C}$ . Уг хийг изобараар халааж  $227^\circ\text{C}$  температуртай болгоход эзлэхүүн нь ямар болох вэ?

**БОДОЛТ:** Изобар процесс тул даралт тогтмол

Энэ үед Гей-Люссакийн хуулиар

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{байна.}$$

$$\text{Эндээс } V_2 = \frac{V_1}{T_1}T_2 \quad \text{болно.}$$

Томьёонд мэдэгдэж буй утгуудыг орлуулбал:

$$V_2 = \frac{20\text{л} \cdot 500\text{K}}{300\text{K}} = 33.3\text{л} \text{ гарна.}$$

### ДАСГАЛ БОДЛОГО

1. Хий  $0^{\circ}\text{C}$  температурт  $10^5$  Па даралт,  $4 \cdot 10^{-3}\text{м}^3$  эзлэхүүнтэй байв. Өгөгдсөн хийн температурыг  $30^{\circ}\text{C}$ , даралтыг  $1.05 \cdot 10^5$  Па болгоход эзлэхүүн ямар болох вэ?
2.  $3 \cdot 10^{-2}\text{м}^3$  эзлэхүүнтэй устөрөгч  $9 \cdot 10^6$ Па даралттай,  $17^{\circ}\text{C}$  температуртай байв. Хэрэв устөрөгчийн молийн масс  $2\text{г/моль}$  бол хийн массыг ол.
3. Дотоод шаталтын хөдөлгүүрийн цилиндр доторхи хийн хольц шахахын өмнө  $0.6 \cdot 10^6$ Па,  $50^{\circ}\text{C}$  температуртай байжээ. Шахсаны дараа эзлэхүүн нь 5 дахин багасч даралт нь  $7 \cdot 10^5$ Па болж нэмэгджээ. Хийн температурыг ол.
4.  $2 \cdot 10^{-3}\text{м}^3$  эзлэхүүнтэй саван дотор  $2.4 \cdot 10^{-2}\text{кг}$  масстай агаар  $27^{\circ}\text{C}$  температуртай байжээ. Даралтыг ол. Агаарын моль масс  $29\text{г/моль}$
5.  $17^{\circ}\text{C}$  температуртай агаар  $2 \cdot 10^{-3}\text{м}^3$  эзлэхүүнтэй  $2 \cdot 10^5$ Па даралттай байжээ. Агаарын температурыг  $27^{\circ}\text{C}$ , эзлэхүүнийг  $4 \cdot 10^{-3}\text{м}^3$  болгоход даралт ямар болох вэ?
6. Устөрөгч  $67^{\circ}\text{C}$  температур,  $1.5 \cdot 10^5$ Па даралт,  $2.5 \cdot 10^{-3}\text{м}^3$  эзлэхүүнтэй байв.  $0^{\circ}\text{C}$  температурт  $1.2 \cdot 10^5$ Па даралттай болгоход устөрөгч ямар эзлэхүүнтэй болох вэ?
7.  $8.31\text{л}$  эзлэхүүнтэй битүү саванд  $4\text{атм}$  даралттай  $4\text{моль}$  устөрөгч хий байв. Энэ хийн температур болон массыг ол. Хийн температурыг изохороор 2 дахин нэмэгдүүлэхэд даралт болон температур нь ямар болох вэ?
8.  $8.31\text{л}$  эзлэхүүнтэй битүү саванд  $6\text{атм}$  даралттай  $3\text{моль}$  устөрөгч оршин байв. Энэ хийн температур болон массыг ол. Хийн температурыг изохороор 1.5 дахин нэмэгдүүлэхэд даралт болон температур хэрхэн өөрчлөгдөх вэ?