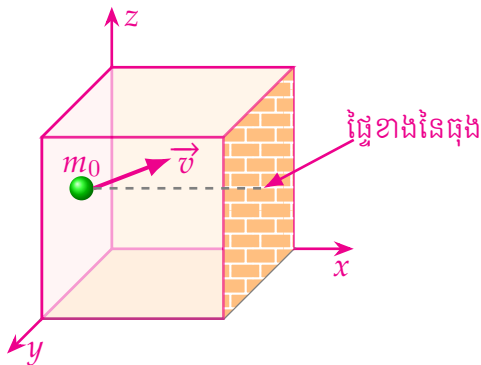


បេរៀនទី ១ ទ្រឹស្តីស៊ីនេទិចនៃឧស្ម័ន

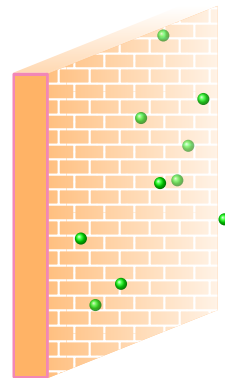
១ ទ្រឹស្តីស៊ីនេទិចនៃឧស្ម័ន

និយមន័យ

ទ្រឹស្តីស៊ីនេទិចនៃឧស្ម័ន: ជាការសិក្សាអំពីចលនារបស់ម៉ូលេគុលឧស្ម័ន ដែលស្ថិតក្នុងធុងដែលផ្ទុកវា ។



(ក). ធុងផ្ទុកឧស្ម័ន



(ខ). ផ្ទៃខាងនៃធុង

- ម៉ូលេគុលឧស្ម័នទាំងអស់ធ្វើចលនាឥតឈប់ឈរ និងគ្មានសណ្តាប់ធ្នាប់ ។
- គ្រប់ការទង្គិចរបស់ម៉ូលេគុលជាទង្គិចខ្នាត ។
- គេសន្មតថាម៉ូលេគុលនីមួយៗមានល្បឿនថេរជានិច្ច និងអាចអនុវត្តច្បាប់ញ៉ូតុនបានគ្រប់ពេល ។
- គេចាត់ទុកម៉ូលេគុលឧស្ម័នជាចំណុចរូបធាតុ ព្រោះវិមាត្ររបស់ម៉ូលេគុលនីមួយៗតូចធៀបនឹងលំហអន្តរម៉ូលេគុល ។
- ថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលសមាមាត្រនឹងសីតុណ្ហភាព ។

២ សម្ភាពក្នុងទ្រឹស្តីស៊ីនេទិចនៃឧស្ម័ន

យើងសិក្សាចលនាម៉ូលេគុលក្នុងធុងមួយ ។ យើងបានសម្ភាពដែលសង្កត់លើផ្ទៃធុងគឺជាកម្លាំងទង្គិចរបស់ចលនាម៉ូលេគុល

$$\text{យើងបាន} : P = \frac{F}{A} \quad \text{ដោយ} : F = m \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{m \times 2v_x}{\frac{2L}{v_x}} = \frac{mv_x^2}{L}$$

$$\text{យើងបាន} : P = \frac{mv_x^2}{AL} = \frac{mv_x^2}{V}$$

$$\text{តែ} : (v^2)_{av} = (v_x^2)_{av} + (v_y^2)_{av} + (v_z^2)_{av} = 3(v_x^2)_{av}$$

$$\text{ដែល} : (v = v_x = v_y = v_z = \text{ថេរ})$$

$$\text{នាំឲ្យ} : (v_x^2)_{av} = \frac{1}{3}(v^2)_{av}$$

$$\text{យើងបានសម្ភាពលើផ្ទៃខាងនីមួយៗ កំណត់ដោយ} : P = \frac{1}{3} \times \frac{m}{V} (v^2)_{av} \quad \text{ឬ} \quad P = \frac{1}{3} \rho (v^2)_{av}$$

$$\text{ដែល} : \rho = \frac{m}{V} (\text{ម៉ាសមាឌ})$$

$$\text{ម្យ៉ាងទៀត} : m = m_0 N$$

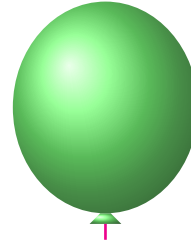
$$\begin{aligned}\text{យើងបាន} & : P = \frac{1}{3} \times \frac{Nm_0}{V} (v^2)_{av} = \frac{2N}{3V} \times \frac{1}{2} m_0 (v^2)_{av} \\ \text{ដូចនេះ} & : P = \frac{2}{3} \times \frac{N}{V} K_{av}\end{aligned}$$

៣ ចាមពលស៊ីនេទិច និងសីតុណ្ហភាព

ក សមីការភាពនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធ៖

តាមពិសោធន៍បង្ហាញថា៖

- សម្ពាធសមាមាត្រនឹងសីតុណ្ហភាព៖ $P \sim T$
- សម្ពាធសមាមាត្រនឹងចំនួនម៉ូលេគុល៖ $P \sim N$
- សម្ពាធប្រាសសមាមាត្រនឹងមាឌ៖ $P \sim \frac{1}{V}$



រូបភាព ២. បាញ់បាល់បង្ហាញពីស្វ័យគ្រប់គ្រង

$$\begin{aligned}\text{យើងបាន} & : P \sim \frac{NT}{V} \quad \text{ឬ} \quad P = k_B \frac{NT}{V} \quad \text{នោះ} \quad PV = Nk_B T \\ \text{ដែល} & : k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K (ថេរហ្វូលស្មាន់)} \\ \text{តែ} & : N = nN_A \quad \text{នោះ} \quad PV = nk_B N_A T \\ \text{តាង} & : R = k_B N_A \quad \text{ដែល} \quad N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ ម៉ូលេគុល/mol (ចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ)} \\ \text{ដូចនេះ} & : PV = k_B NT = nRT\end{aligned}$$

ខ សមីការបម្រែបម្រួលភាពនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធ៖

បើឧស្ម័នប្រែប្រួលភាព ពីភាពដើម 1 ទៅភាពស្រេច 2 យើងបាន៖

$$\begin{aligned}\bullet \text{ នៅភាពដើម 1: } P_1 V_1 &= nRT_1 \quad \text{ឬ} \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = nR & \bullet \text{ នៅភាពស្រេច 2: } P_2 V_2 &= nRT_2 \quad \text{ឬ} \quad \frac{P_2 V_2}{T_2} = nR \\ \text{យើងបាន} & : \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = nR = \text{ថេរ} \\ \text{ច្បាប់ប៊ិយ-ម៉ាហ្គីត} & : P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (\text{សីតុណ្ហភាពថេរ } T_1 = T_2) \\ \text{ច្បាប់សាល} & : \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (\text{មាឌថេរ } V_1 = V_2) \\ \text{ច្បាប់កេលុយសាក់} & : \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}\end{aligned}$$

ក ចាមពលស៊ីនេទិច និងសីតុណ្ហភាព៖

១. កម្រិតចាមពលស៊ីនេទិចបង្កើននៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ន៖

$$\text{តាមសម្រាយបញ្ជាក់ខាងលើ} : P = \frac{2}{3} \times \frac{N}{V} K_{av}$$

យើងបាន: $PV = \frac{2}{3}NK_{av}$

នាំឱ្យ: $K_{av} = \frac{3}{2} \times \frac{PV}{N} = \frac{3}{2}k_B T$

ព្រោះ: $\frac{PV}{N} = k_B T$

ដូចនេះ តម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នគឺ: $K_{av} = \frac{3}{2}k_B T = \frac{3}{2} \left(\frac{PV}{N} \right)$

២. តម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចសរុបនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ន:

យើងមាន: $K_{av} = \frac{3}{2}k_B T$

នាំឱ្យ: $K = N \times K_{av} = \frac{3}{2}Nk_B T = \frac{3}{2}nRT$

ដូចនេះ តម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចសរុបនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នគឺ: $K = \frac{3}{2}Nk_B T = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV$

២៥ ល្បឿនឬសកាណែកាណែល្បឿនមធ្យម:

យើងមាន: $K_{av} = \frac{3}{2}k_B T = \frac{1}{2}m_0 (v^2)_{av}$

នាំឱ្យ: $\sqrt{(v^2)_{av}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m_0}}$

តាង: $v_{rms} = \sqrt{(v^2)_{av}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

ដូចនេះ ល្បឿនឬសកាណែកាណែល្បឿនមធ្យមគឺ: $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

សម្គាល់

១. ល្បឿនមធ្យម: $v_{av} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_N}{N}$ ដែល v_{av} គិតជា m/s

$(v_{av})^2 = (\bar{v})^2 = \left(\frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_N}{N} \right)^2$ ល្បឿនមធ្យមលើកជាការេ

$(v^2)_{av} = v_{rms}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}$ តម្លៃមធ្យមនៃការេល្បឿន

២. ល្បឿនឬសកាណែកាណែល្បឿនមធ្យម: $v_{rms} = \sqrt{(v^2)_{av}} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}}$

ដែល v_{rms} គិតជា m/s និង $v_{rms}^2 = (v^2)_{av}$

៣. ម៉ាសមាឌ ឬដង់ស៊ីតេមាឌនៃឧស្ម័ន: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_0 N}{V}$ ដែល ρ គិតជា (kg/m^3)

m ជាម៉ាសឧស្ម័ន គិតជា (kg)

m_0 ម៉ាសម៉ូលេគុល គិតជា (kg)

V មាឌឧស្ម័ន គិតជា (m^3)

៤. ចំនួនម៉ូល: $n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_{mol}}$ ដែល M ម៉ាសម៉ូលគិតជា (kg/mol)

N ចំនួនម៉ូលេគុលសរុប

V_{mol} ជាមាឌឧស្ម័នក្នុងមួយម៉ូល (m^3/mol)

V មាឌឧស្ម័ន (m^3)

៥. ចំនួនម៉ូលេគុលសរុបនៃឧស្ម័ន: $N = \frac{m}{m_0} = nN_A = \frac{m}{M} \times N_A$ ដែល n ចំនួនម៉ូល គិតជា (mol)

៦. មាឌម៉ូលនៃឧស្ម័នក្នុងលក្ខខណ្ឌគំរូដែលមានសម្ពាធនៃ $P_0 = 1atm$ និងសីតុណ្ហភាព $T = 273K$

គឺ: $V_{mol} = 22.4 \times 10^{-3} m^3/mol$

៧. ល្បឿននៃចលនាត្រង់ស្មើ: (បង្គោលទី=ល្បឿន \times រយៈពេល) $x = v \times \Delta t$

៤ លំហាត់

១. ចូរពោលទ្រឹស្តីស្តីនៃទិចនៃឧស្ម័ន ។

២. ចូរសរសេរសមីការភាពនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធ ។

៣. ចូរសរសេររូបមន្តថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ននីមួយៗ ។

៤. ចូរសរសេររូបមន្តថាមពលស៊ីនេទិចសរុបនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ន ។

៥. ចូរសរសេររូបមន្តល្បឿនបូសកាវេនៃការល្បឿនមធ្យមម៉ូលេគុលឧស្ម័ន ។

៦. ក្នុងធុងបិទជិតមួយមានផ្ទុកឧស្ម័នអុកស៊ីសែន (O_2) $2mol$ ។

គណនាចំនួនម៉ូលេគុលរបស់ឧស្ម័នអុកស៊ីសែននេះ បើចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/ mol ។

៧. ក្នុងធុងបិទជិតមួយមានឧស្ម័នអ៊ីដ្រូសែន (H_2) $0.2mol$ និងមានម៉ាស់ម៉ូល $2.0g/mol$ ។

បើគេដឹងថា ចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/ mol ។

ក. គណនាចំនួនម៉ូលេគុលអ៊ីដ្រូសែនក្នុងធុងនេះ ។

ខ. គណនាម៉ាស់សរុបរបស់ឧស្ម័នអ៊ីដ្រូសែន ។

៨. ក្នុងធុងបិទជិតមួយមានឧស្ម័ន $0.25mol$ និងមានម៉ាស់សរុប $7.0g$ ។

បើគេដឹងថា ចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/ mol ។

ក. គណនាចំនួនម៉ូលេគុលសរុបរបស់ឧស្ម័នក្នុងធុងនេះ ។

ខ. តើឧស្ម័ននេះជាឧស្ម័នអ្វី?

៩. ក្នុងធុងបិទជិតមួយមានឧស្ម័នពេញ មានម៉ាស់សរុប $64.0g$ និងមានចំនួនម៉ូលេគុលសរុបគឺ 12.044×10^{23} ម៉ូលេគុល ។

បើគេដឹងថា ចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/ mol ។

ក. គណនាចំនួនម៉ូលរបស់ឧស្ម័នក្នុងធុងនេះ ។

ខ. តើឧស្ម័ននេះជាឧស្ម័នអ្វី?

១០. ក្នុងធុងបិទជិតមួយមានផ្ទុក ឧស្ម័ន H_2 ពេញមានម៉ាស់សរុប $1.0g$ ។ ដោយឧស្ម័ននេះមានម៉ាស់ម៉ូល $2.0g/mol$

និងចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/ mol ។

ក. គណនាចំនួនម៉ូលេគុលសរុបរបស់ឧស្ម័នក្នុងធុងនេះ ។

ខ. គណនាចំនួនម៉ូលរបស់ឧស្ម័ន H_2 ។

- ១១.** ផង់នីមួយៗមានម៉ាស់ m_0 និងផ្លាស់ទីដោយល្បឿន v តាមបណ្តោយអ័ក្ស ox ។ គេដឹងថាក្នុងផ្ទៃ $1mm^2$ និងក្នុង $1s$ មានផង់ចំនួន 10^{15} ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃនោះ។ ចូររកសម្ពាធរបស់ផង់លើផ្ទៃប៉ះ។
គេឲ្យ $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}kg$ និង $v = 8 \times 10^7 m/s$ ។ គេសន្មត ទង្គិចរវាងផង់ និងផ្ទៃប៉ះជាទង្គិចស្ងួត។
- ១២.** គេបាញ់ផង់ឲ្យផ្លាស់ទីតាមបណ្តោយអ័ក្ស ox ដែលកែងនឹងផ្ទៃរបស់អេក្រង់មួយ។ គេដឹងថា ផង់នីមួយៗមានម៉ាស់ m_0 និងល្បឿន v_0 ។ គេដឹងថាក្នុង $1.25mm^2$ ផ្ទៃរបស់អេក្រង់មានផង់ចំនួន 4×10^{14} ទៅទង្គិចរៀងរាល់វិនាទី។
គេសន្មតថា ទង្គិចនោះជាទង្គិចស្ងួត។ គណនាល្បឿនរបស់ផង់ដែលផ្លាស់ទីតាមអ័ក្ស ox ។
បើគេដឹងថា សម្ពាធដែលកើតឡើងដោយសារការទង្គិចរបស់ផង់លើផ្ទៃអេក្រង់គឺ $P = 3.64 \times 10^{-3} N/m^2$
 $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}kg$ ។
- ១៣.** ផង់នីមួយៗមានម៉ាស់ m_0 និងផ្លាស់ទីដោយល្បឿន v តាមបណ្តោយអ័ក្ស ox ។ គេដឹងថាក្នុងផ្ទៃ $2mm^2$ និងក្នុងមួយវិនាទីមានផង់ចំនួន 2×10^{15} ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃនោះ។ គេឲ្យ: $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}kg$ និង $v = 5 \times 10^7 m/s$ ។
គេសន្មតថា ទង្គិចរវាងផង់ និងផ្ទៃប៉ះជាទង្គិចស្ងួត។
- ក.** គណនាកម្លាំងសរុបដែលផង់មានអំពើលើផ្ទៃប៉ះ។ **ខ.** គណនាសម្ពាធសរុបរបស់ផង់លើផ្ទៃប៉ះ។
- ១៤.** ប្រូតុងមួយមានម៉ាស់ $m_p = 1.67 \times 10^{-27}kg$ ផ្លាស់ទីដោយល្បឿន v តាមបណ្តោយអ័ក្ស ox ក្នុងមាឌមួយមានរាងជាកូបដែលទ្រនុងនីមួយៗមានរង្វាស់ $3mm$ ប្រូតុងផ្លាស់ពីផ្ទៃម្ខាងទៀតក្នុង $2ns$ ។ គេសន្មតថា ទង្គិចរវាងប្រូតុង និងផ្ទៃខាងនៃកូបជាទង្គិចស្ងួត។
- ក.** រកល្បឿនដើមប្រូតុង នៅខណៈវាចាប់ផ្តើមចេញពីផ្ទៃខាងនៃកូប។
- ខ.** រកសម្ពាធរបស់ប្រូតុងលើផ្ទៃខាងនៃកូប។
- គ.** គេដឹងថាក្នុងរយៈពេល $2ns$ មានចំនួនប្រូតុង 2×10^6 ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃខាងនៃកូប។ រកសម្ពាធសរុបរបស់ប្រូតុងលើផ្ទៃខាងនៃកូប។
- ១៥.** អេឡិចត្រុងមួយមានម៉ាស់ $m_e = 9.1 \times 10^{-31}kg$ ផ្លាស់ទីដោយល្បឿន v តាមបណ្តោយអ័ក្ស ox ក្នុងមាឌមួយមានរាងជាកូបដែលទ្រនុងនីមួយៗមានរង្វាស់ $5mm$ ប្រូតុងផ្លាស់ពីផ្ទៃម្ខាងទៀតក្នុង $25ns$ ។
គេសន្មតថា ទង្គិចរវាងប្រូតុង និងផ្ទៃខាងនៃកូបជាទង្គិចស្ងួត។
- ក.** រកល្បឿនដើមអេឡិចត្រុង នៅខណៈវាចាប់ផ្តើមចេញពីផ្ទៃខាងនៃកូប។
- ខ.** រកសម្ពាធរបស់អេឡិចត្រុងលើផ្ទៃខាងនៃកូប។
- គ.** គេដឹងថាក្នុងរយៈពេល $25ns$ មានចំនួនអេឡិចត្រុង 2×10^{10} ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃខាងនៃកូប។
រកសម្ពាធសរុបរបស់អេឡិចត្រុងមានលើផ្ទៃខាងនៃកូប។
- ១៦.** អេឡិចត្រុងមួយមានម៉ាស់ $m_e = 9.1 \times 10^{-31}kg$ ផ្លាស់ទីដោយល្បឿន v តាមបណ្តោយអ័ក្ស ox ក្នុងមាឌមួយមានរាងជាកូបដែលទ្រនុងនីមួយៗមានរង្វាស់ $2mm$ ប្រូតុងផ្លាស់ពីផ្ទៃម្ខាងទៀតក្នុង $25ns$ ។ គេសន្មតថា ទង្គិចរវាងប្រូតុង និងផ្ទៃខាងនៃកូបជាទង្គិចខ្ចាត។
- ក.** រកល្បឿនដើមអេឡិចត្រុង នៅខណៈវាចាប់ផ្តើមចេញពីផ្ទៃខាងនៃកូប។
- ខ.** រកសម្ពាធរបស់អេឡិចត្រុងលើផ្ទៃខាងនៃកូប។
- គ.** គេដឹងថាក្នុងរយៈពេល $25ns$ មានចំនួនអេឡិចត្រុង 25×10^6 ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃខាងនៃកូប។
រកសម្ពាធសរុបរបស់អេឡិចត្រុងមានលើផ្ទៃខាងនៃកូប។

១៧. អាតូមអ៊ីដ្រូសែនមួយមានម៉ាស់ m ផ្លាស់ទីដោយល្បឿន $v = 1500 \text{ km/s}$ តាមបណ្តោយអ័ក្ស ox ក្នុងមាឌមួយ មានរាងគូបដែលទ្រនុងនីមួយៗមានរង្វាស់ 3 mm ។ អ៊ីដ្រូសែន ផ្លាស់ទីពីផ្ទៃម្ខាងទៅម្ខាងទៀត។ គេសន្មតថាសន្មត ថា ទង្គិចរវាងអ៊ីដ្រូសែន និងផ្ទៃខាងនៃគូបជាទង្គិចឆ្មាត។

ក. រករយៈពេលដែលអាតូមអ៊ីដ្រូសែនទៅប៉ះនឹងផ្ទៃម្ខាងទៀតនៃគូប។

ខ. គេដឹងថាក្នុងរយៈពេល 2 ns មានចំនួនអាតូមអ៊ីដ្រូសែន 2×10^6 ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃខាងនៃគូបហើយផ្ទៃខាង រងនោសម្ពាធសរុប $27.83 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$ ។ រកម៉ាស់អាតូមអ៊ីដ្រូសែនមួយ។

១៨. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមានមាឌ $V = 100 \text{ cm}^3$ ស្ថិតក្រោមសម្ពាធដែលមានលំដាប់ $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ នៅសីតុណ្ហភាព 20°C ។ តើឧស្ម័ននោះមានប៉ុន្មានម៉ូល? ($R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$)

១៩. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមាន $n = 0.08 \times 10^{-1} \text{ mol}$ មានសម្ពាធដែលមានលំដាប់ $P = 5.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ នៅសីតុណ្ហភាព 60°C ។ តើឧស្ម័ននោះមានមាឌប៉ុន្មាន?

២០. នៅសីតុណ្ហភាព 293 K និងសម្ពាធដែលមានលំដាប់ 5 atm មេតាន 1 kmol មានម៉ាស់ 16.0 kg ។ គណនាម៉ាស់មាឌនៃមេតានក្នុងលក្ខខណ្ឌខាងលើ។

២១. នៅក្នុងបំពង់បិទជិតដែលមានមាឌ 20 mL នៅសីតុណ្ហភាពកំណត់មួយយ៉ាងទាបមានតំណក់នីត្រូសែនរាវមាន ម៉ាស់ 50 mg ។ គណនាសម្ពាធនីត្រូសែននៅក្នុងបំពង់នោះ កាលណាបំពង់នោះមានសីតុណ្ហភាព 300 K ដោយសន្មត ថានីត្រូសែននេះជាឧស្ម័នបរិសុទ្ធ។ គេឲ្យ: $R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ ។

២២. ធុងមួយមានផ្ទុកអេលូម 2.00 mol នៅសីតុណ្ហភាព 27°C ។ គេសន្មតថាអេលូមជាឧស្ម័នបរិសុទ្ធ។

ក. គណនាតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ម៉ូលេគុលនីមួយៗ

ខ. គណនាថាមពលស៊ីនេទិចសរុបរបស់ម៉ូលេគុលទាំងអស់។
គេឲ្យ: $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, $R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ ។

២៣. នៅក្នុងធុងមួយដែលមានមាឌ 2.00 mL មានឧស្ម័នដែលមានម៉ាស់ 50 mg និងសម្ពាធដែលមានលំដាប់ 100 kPa ។ ម៉ាស់របស់ម៉ូលេគុលនៃឧស្ម័ននីមួយៗគឺ $8.0 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ។

ក. រកចំនួនម៉ូលេគុលនៃឧស្ម័ននោះ។

ខ. រកតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ម៉ូលេគុលនីមួយៗ។ គេឲ្យ: $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

២៤. ចូរគណនាបួសកាវ៉ែននៃការលេចនិមជ្ឈមរបស់អាតូមអេលូមនៅសីតុណ្ហភាព 20.0°C ។ ម៉ាស់ម៉ូលអេលូមគឺ $4.00 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ។ គេឲ្យ: $R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ ។

២៥. រកបួសកាវ៉ែននៃការលេចនិមជ្ឈមរបស់ម៉ូលេគុលអុកស៊ីសែននៅសីតុណ្ហភាព 200°C ។ ម៉ាស់ម៉ូលអុកស៊ីសែន $32 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ និង $R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ ។

២៦. ក. គណនាម៉ាស់ម៉ូលេគុលនៃអ៊ីដ្រូសែន។ គេឲ្យម៉ាស់ម៉ូលគឺ $M = 2.00 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ និងចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ ។

ខ. គណនាតម្លៃបួសកាវ៉ែននៃការលេចនិមជ្ឈមរបស់ឧស្ម័នអ៊ីដ្រូសែននៅសីតុណ្ហភាព 100°C ។

គ. គណនាតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ម៉ូលេគុលនៃឧស្ម័នអ៊ីដ្រូសែននីមួយៗនៅសីតុណ្ហភាព 100°C ។ គេឲ្យ: $k = 1.38 \times 10^{-23}$ ។

២៧. ដោយប្រើតម្លៃលេខ 1, 3, 7 និង 8 ចូរបង្ហាញថា បួសកាវ៉ែននៃការលេចនិមជ្ឈម v_{rms} ខុសគ្នាពីតម្លៃមធ្យម v_{av} របស់វា។

២៨. ចូរកំណត់រកល្បឿន v_{rms} របស់ម៉ូលេគុលឧស្ម័នអុកស៊ីសែន (O_2) និងអាសូត (N_2) ក្នុងបន្ទប់មួយដែលមាន

សីតុណ្ហភាព 20°C ។

- ២៩. ក.** បង្ហាញថាល្បឿន v_{rms} នៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធ អាចសរសេរជាទម្រង់មួយទៀតគឺ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$ ដែល ρ ជាដង់ស៊ីតេ ឬហៅថាម៉ាស់មាឌ ហើយ P ជាសម្ពាធិ។
- ខ.** ល្បឿន v_{rms} របស់ម៉ូលេគុលឧស្ម័នមួយប្រភេទស្មើ 450m/s ។
ប្រសិនបើវាស្ថិតនៅសម្ពាធបរិយាកាស តើដង់ស៊ីតេរបស់ឧស្ម័ននោះស្មើប៉ុន្មាន?
- ៣០.** កែវបាឡុងមួយចំណុះ 1L មានអុកស៊ីសែនជាឧស្ម័នបរិសុទ្ធដែលមានសីតុណ្ហភាព 27°C ក្រោមសម្ពាធិ 2atm ។ គណនាម៉ាស់អុកស៊ីសែន។ គេឲ្យ: $O = 16$
- ៣១.** គេមានខ្យល់មានមាឌ 1m^3 នៅសីតុណ្ហភាព 18°C ក្នុងសម្ពាធបរិយាកាស $P_1 = 1\text{atm}$ ទៅបណ្តែននៅសីតុណ្ហភាពដដែល តែក្នុងសម្ពាធបរិយាកាស $P_2 = 3.5\text{atm}$ ។ គណនាមាឌស្រេចនៃខ្យល់។
- ៣២.** ដបមួយផ្ទុកឧស្ម័នមានសម្ពាធិ $P_0 = 1.0\text{atm}$ នៅសីតុណ្ហភាព 17°C ។
តើគេត្រូវកម្តៅឱ្យឧស្ម័ននេះដល់សីតុណ្ហភាពប៉ុន្មាន ដើម្បីសម្ពាធកើនឡើងដល់ 1.5atm ?
- ៣៣.** គេយកបំពង់អុកស៊ីសែនមានចំណុះ 20L ក្រោមសម្ពាធិ $P_1 = 200\text{atm}$ នៅសីតុណ្ហភាព 20°C ទៅដាក់ក្នុងបាឡុង កៅស៊ូស្តើងមួយ។
គណនាមាឌបាឡុង បើឧស្ម័នក្នុងបាឡុងមានសម្ពាធិ $P_2 = 1\text{atm}$ និងសីតុណ្ហភាព 9°C ។
- ៣៤. ក.** ចូរគណនាល្បឿនប្រសិទ្ធ (v_{rms}) នៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ននីត្រូសែននៅសីតុណ្ហភាព 20°C ។
- ខ.** គណនាសីតុណ្ហភាព ប្រសិនបើល្បឿនប្រសិទ្ធ (v_{rms}) ថយចុះពាក់កណ្តាល។
- គ.** គណនាសីតុណ្ហភាព ប្រសិនបើល្បឿនប្រសិទ្ធ (v_{rms}) កើនឡើងពីរដងវិញ។
- ៣៥.** មួយ ម៉ូលេគុលឧស្ម័ននីត្រូសែនផ្សំឡើងពីអាតូមនីត្រូសែនពីរ។ គណនាម៉ាស់ម៉ូលេគុលនីត្រូសែន។
ម៉ាស់ម៉ូលេគុលនីត្រូសែនគឺ $M = 28\text{kg}/\text{kmol}$ គេឲ្យ $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/mol
- ៣៦.** គណនាមាឌឧស្ម័នអុកស៊ីសែន 3.2g ដែលផ្ទុកក្នុងធុងនៅសម្ពាធិ 76cmHg និងសីតុណ្ហភាព 27°C ។
- ៣៧.** រកល្បឿនប្រសិទ្ធ v_{rms} នៃម៉ូលេគុលអាសូតដោយម៉ាស់ម៉ូល $M = 28\text{g}/\text{mol}$ នៅ 300K ។ គេឲ្យ: $R = 8.31\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K}$
- ៣៨.** គណនាសីតុណ្ហភាពដែលធ្វើឲ្យល្បឿនប្រសិទ្ធនៃម៉ូលេគុលអ៊ីដ្រូសែនស្មើ 331m/s ។ គេឲ្យ: $M_{\text{H}_2} = 2.0\text{g}/\text{mol}$ ។
- ៣៩.** គណនាតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ននៅសីតុណ្ហភាព 727°C ។ គេឲ្យ: $R = 8.31\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K}$ និង $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/mol ។
- ៤០.** រកតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ម៉ូលេគុលឧស្ម័នអុកស៊ីសែននីមួយៗក្នុងខ្យល់នៅក្នុងបន្ទប់មានសីតុណ្ហភាព 300K គិតជាអេឡិចត្រុង-វ៉ុល ។ គេឲ្យ $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$ និង $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J}/\text{K}$
- ៤១.** មួយម៉ូលេគុលនីត្រូសែននៅពេលស្ថិតនៅលើផ្ទៃដីវាកើតមានល្បឿនប្រសិទ្ធ នៅសីតុណ្ហភាព 0°C ។ ប្រសិនបើវាផ្លាស់ទីឡើងត្រង់ទៅលើដោយគ្មានទង្គិចនឹងម៉ូលេគុលផ្សេងទៀត។ ចូរគណនាកម្ពស់ដែលវាឡើងដល់។
គេឲ្យម៉ាស់មួយម៉ូលេគុលរបស់នីត្រូសែន $m = 4.65 \times 10^{-26}\text{kg}$ និង $g = 10\text{m}/\text{s}^2$ ។
- ៤២.** ស៊ីទែនមួយស្ថិតក្រោមលក្ខខណ្ឌស្តង់ដា (STP) ផ្ទុកឧស្ម័ននីត្រូសែន 28.5kg ។
- ក.** ចូរគណនាមាឌរបស់ស៊ីទែន។
- ខ.** ប្រសិនបើគេបន្ថែមនីត្រូសែន 32.2kg ទៀតចូលក្នុងស៊ីទែនដោយរក្សាសីតុណ្ហភាពនៅដដែល។
ចូរគណនាសម្ពាធិឧស្ម័ននីត្រូសែនក្នុងស៊ីទែន។

៤៣. បាច់ម៉ូលេគុលអ៊ីដ្រូសែនត្រូវបានបាញ់លើជញ្ជាំងដោយទិសបង្កើតបានមុំ 55° ជាមួយនឹងរ៉ិចទ័រឯកតាផ្ទៃ (\vec{n}) របស់ជញ្ជាំង។ ម៉ូលេគុលនីមួយៗនៃឧស្ម័នអ៊ីដ្រូសែនមានល្បឿន 1km/s និងម៉ាស់ $3.3 \times 10^{-24}\text{kg}$ ។ បាច់អ៊ីដ្រូសែនបានទៅទង្គិចនឹងជញ្ជាំងដែលមានផ្ទៃ 2cm^2 ដោយអត្រា 10^{23} ម៉ូលេគុលក្នុងមួយវិនាទី។
ដោយសន្មតថាទង្គិចនេះ ជាទង្គិចខ្ចាត ចូរគណនាសម្ពាធដែលមានលើជញ្ជាំង។

៤៤. គេបាញ់ផង់ឲ្យផ្លាស់ទីតាមបណ្តោយអ័ក្ស \vec{ox} ដែលកែងនឹងផ្ទៃរបស់អេក្រង់មួយ។ គេដឹងថាផង់នីមួយៗមានម៉ាស់ m_0 និងមានល្បឿន v ។ គេដឹងថាក្នុង 1.25mm^2 ផ្ទៃរបស់អេក្រង់មានផង់ 4×10^{14} ទៅទង្គិចរៀងរាល់វិនាទី។
គេសន្មតថា ទង្គិចនោះជាទង្គិចស្លាក់។ គណនាល្បឿនរបស់ផង់ដែលផ្លាស់ទីតាមតាមអ័ក្ស \vec{ox} ។ បើគេដឹងថាសម្ពាធដែលកើតឡើងដោយសារការទង្គិចរបស់ផង់លើផ្ទៃរបស់អេក្រង់គឺ $3.64 \times 10^{-3}\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ និង $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ ។

៤៥. ផង់នីមួយៗមានម៉ាស់ m_0 និងផ្លាស់ទីដោយល្បឿន v តាមបណ្តោយអ័ក្ស \vec{ox} ។ គេដឹងថាក្នុងផ្ទៃ 2mm^2 និងក្នុងមួយវិនាទីមានផង់ចំនួន 2×10^{15} ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃនោះ។ គេឲ្យ: $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ និង $v = 5.0 \times 10^{15}\text{m/s}$ ។
គេសន្មតថា ទង្គិចរវាងផង់និងផ្ទៃប៉ះជាទង្គិចស្លាក់។

ក. គណនាកម្លាំងសរុបដែលផង់មានអំពើលើផ្ទៃប៉ះ។

ខ. គណនាសម្ពាធសរុបរបស់ផង់លើផ្ទៃប៉ះ។

៤៦. ប្រូតុងមួយមានម៉ាស់ $m_p = 1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$ និងផ្លាស់ទីដោយល្បឿនដើម \vec{v}_0 តាមបណ្តោយអ័ក្ស \vec{ox} ក្នុងធុងមួយមានរាងជាគូប។ គេដឹងថាក្នុងផ្ទៃ 4mm^2 និងក្នុងមួយវិនាទីមានប្រូតុងចំនួន 5×10^{13} ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃនោះ ហើយសម្ពាធរបស់ប្រូតុងលើផ្ទៃប៉ះគឺ $8.35 \times 10^{-2}\text{Pa}$ ។ គេសន្មតថាទង្គិចរវាងផង់និងផ្ទៃប៉ះជាទង្គិចស្លាក់។

ក. គណនាកម្លាំងដែលប្រូតុងនីមួយៗមានអំពើលើផ្ទៃប៉ះ។

ខ. គណនាល្បឿនប្រូតុងនៅខណៈវាទៅប៉ះនឹងផ្ទៃម្ខាងទៀតនៃគូប។

៤៧. អេឡិចត្រុងមួយមានម៉ាស់ $m_e = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ ផ្លាស់ទីដោយល្បឿន v តាមបណ្តោយអ័ក្ស \vec{ox} ។ ក្នុងធុងមួយមានរាងជាគូបដែលទ្រនុងនីមួយៗមានរង្វាស់ $l = 5\text{mm}$ ។ អេឡិចត្រុងផ្លាស់ទីពីផ្ទៃម្ខាងទៅផ្ទៃម្ខាងទៅក្នុង 25ns ។ គេសន្មតថាទង្គិចរវាងអេឡិចត្រុង នឹងផ្ទៃខាងនៃគូបជាទង្គិចស្លាក់។

ក. គណនាល្បឿនស្រេចអេឡិចត្រុង នៅខណៈវាទៅប៉ះនឹងផ្ទៃម្ខាងទៀតនៃគូប។

ខ. គណនាសម្ពាធរបស់អេឡិចត្រុងមានលើផ្ទៃខាងនៃគូប។

គ. គេដឹងថាក្នុងរយៈពេល 25ns មានចំនួនអេឡិចត្រុង 2×10^{10} ទៅទង្គិចនិងផ្ទៃខាងនៃគូប។
គណនាសម្ពាធសរុបរបស់អេឡិចត្រុងមានលើផ្ទៃខាងនៃគូប។

៤៨. សម្ពាធនៃឧស្ម័ននៅក្នុងធុងមួយមានមាឌ 250mL ស្ថិតនៅក្រោមសម្ពាធនៃ 125kPa និងថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃភាគល្អិតនីមួយៗគឺ $1.875 \times 10^{-21}\text{J}$ ។

ក. គណនាចំនួនភាគល្អិតនៃឧស្ម័ននៅក្នុងធុង។

ខ. គណនាចំនួនម៉ូលនៃ ឧស្ម័ននៅក្នុងធុង។ គេឲ្យ: $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/ mol

៤៩. ក្នុងធុងមួយមានមាឌ 200mL មានម៉ូលេគុលសរុប 5×10^{21} ហើយស្ថិតនៅក្រោមសម្ពាធនៃ 250kPa ។ ថេរបុលស្ប៉ាន់ $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$ និង ចំនួនអាវ៉ូកាដ្រូ $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/ mol

ក. គណនាថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃភាគល្អិតនីមួយៗ។

ខ. គណនាចំនួនម៉ូលនៃ ឧស្ម័ននៅក្នុងធុង ។

គ. គណនាសីតុណ្ហភាពនៃឧស្ម័ននៅក្នុងធុង ។

៥០. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមានមាឌ $V = 500\text{cm}^3$ ស្ថិតក្រោមសម្ពាធ 600kPa នៅសីតុណ្ហភាព 27°C ។ គណនាចំនួនម៉ូលនៃ ឧស្ម័ននោះ ។ គេឲ្យថេរសាកលនៃឧស្ម័ន $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$

៥១. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមាន $n = 0.25\text{mol}$ មានសម្ពាធ $P = 250\text{kPa}$ នៅសីតុណ្ហភាព 57°C ។ តើឧស្ម័ននោះមានមាឌប៉ុន្មាន? គេឲ្យថេរសាកលនៃឧស្ម័ន $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$

៥២. ធុងមួយមានផ្ទុកឧស្ម័នអេល្យូម 0.5mol នៅសីតុណ្ហភាព 27°C ។ គេសន្មតថាអេល្យូមជាឧស្ម័នបរិសុទ្ធ ។ គេឲ្យ: $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$ និង $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$ ។

ក. គណនាតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ម៉ូលេគុលឧស្ម័ននីមួយៗ ។

ខ. គណនាថាមពលស៊ីនេទិចសរុបរបស់ម៉ូលេគុលទាំងអស់ ។

គ. គណនាសម្ពាធឧស្ម័នអេល្យូមក្នុងធុង បើធុងមានមាឌ $4.53 \times 10^{-3}\text{m}^3$ ។

៥៣. ក. គណនាល្បឿនប្រសិទ្ធនៃម៉ូលេគុលអុកស៊ីសែននៅសីតុណ្ហភាព 127°C ។ ម៉ាសម៉ូលអុកស៊ីសែនគឺ 32g/mol និង $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$ ។

ខ. គណនាតម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នអុកស៊ីសែននីមួយៗ នៅសីតុណ្ហភាព 127°C ។ គេឲ្យ: $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$

៥៤. ក. គណនាសីតុណ្ហភាពនៃម៉ូលេគុលអ៊ីដ្រូសែនគិតជា $^\circ\text{C}$ ។

បើដឹងថា ល្បឿនប្រសិទ្ធនៃម៉ូលេគុលអ៊ីដ្រូសែន $v_{rms} = 1933.78\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ម៉ាសម៉ូលអ៊ីដ្រូសែនស្មើនឹង 2.0g/mol និងគេឲ្យ: $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$; $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$ ។

ខ. គណនាតម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលអ៊ីដ្រូសែននីមួយៗ នៅសីតុណ្ហភាពនោះ ។

៥៥. ធុងមួយមានមាឌ $V = 2.5\text{mL}$ មានផ្ទុកឧស្ម័នដែលមានម៉ាស 50mg ស្ថិតក្រោមសម្ពាធ 1035kPa ។ ម៉ាសរបស់ម៉ូលេគុលនៃឧស្ម័ននីមួយៗគឺ $8 \times 10^{-26}\text{kg}$ ។

ក. គណនាចំនួនម៉ូលេគុលសរុបនៃឧស្ម័ននោះ ។ គេឲ្យ: $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$ ។

ខ. គណនាតម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ននីមួយៗ

គ. គណនាតម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចសរុបរបស់ម៉ូលេគុលក្នុងធុង ។

ឃ. គណនាសីតុណ្ហភាពនៃឧស្ម័នក្នុងធុង ។

៥៦. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមានមាឌ $V = 125\text{cm}^3$ ស្ថិតក្រោមសម្ពាធ $2 \times 10^5\text{Pa}$ ។ គណនាសីតុណ្ហភាពនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធនោះ ។ បើគេដឹងថាឧស្ម័ននោះមាន $n = 9.4 \times 10^{-3}\text{mol}$; $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$ ។

៥៧. ធុងមួយមានមាឌ 0.025m^3 ផ្ទុកម៉ាស 0.084kg នៃឧស្ម័ននីដ្រូសែន N_2 ស្ថិតនៅក្រោមសម្ពាធ 3.17atm ។ គណនាសីតុណ្ហភាពនៃឧស្ម័នគិតជាអង្សាសេ ($^\circ\text{C}$) ។ គេឲ្យ: $1\text{atm} = 1.013 \times 10^5\text{Pa}$ ម៉ាសម៉ូល $M = 28\text{g/mol}$ និង $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$ ។

៥៨. ផងនីមួយៗមានម៉ាស m_0 និងផ្លាស់ទីដោយល្បឿន \vec{v} តាមបណ្តោយអ័ក្ស \vec{ox} ។ គេដឹងថាក្នុងផ្ទៃ 5mm^2 និងក្នុងមួយវិនាទីមានផងចំនួន 1×10^{15} ទៅទង្គិចនឹងផ្ទៃនោះ ។ គណនាសម្ពាធសរុបរបស់ផងមានលើផ្ទៃប៉ះ ។ គេសន្មតថា ទង្គិចរវាងផងនឹងផ្ទៃប៉ះជាទង្គិចស្មើ ហើយម៉ាសផងនីមួយៗគឺ $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ និង $v = 8 \cdot 10^7\text{m/s}$ ។

៥៩. គណនាចំនួនម៉ូលេគុលសរុបដែលមាននៅក្នុង 500g នៃខ្យល់ ។ បើគេដឹងថាក្នុងខ្យល់មានអុកស៊ីសែន 22% និងមានអាសូត 78% ជាម៉ាស ។

- ៦០.** ក្នុងធុងបិទជិតមួយមានមាឌសរុប $16.62dm^3$ មានផ្ទុកឧស្ម័នបរិសុទ្ធពេញស្ថិតក្រោមសម្ពាធ $3 \times 10^5 Pa$ និងមានសីតុណ្ហភាព $47^\circ C$ ។ គេឲ្យថេរឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $R = 8.31 J/mol \cdot K$ ។ គណនាចំនួនម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធក្នុងធុងនោះ។
- ៦១.** ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមានម៉ាស់ម៉ូលេគុលនីមួយៗគឺ $8 \times 10^{-26} kg$ នៅសីតុណ្ហភាព $57^\circ C$ ។
គេឲ្យ: $k_B = 1.38 \times 10^{-23} J/K$ ។
- ក.** គណនាប្រសិទ្ធភាពនៃការលឿនមធ្យម v_{rms} ។
 - ខ.** គណនាតម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នបរិសុទ្ធនីមួយៗ។
- ៦២.** **ក.** គណនាម៉ាស់ម៉ូលេគុលនីមួយៗរបស់ឧស្ម័នអុកស៊ីសែន។
បើគេដឹងថាម៉ាស់ម៉ូលរបស់វាគឺ $32g/mol$ និង $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/mol
- ខ.** គណនាល្បឿនប្រសិទ្ធនៃឧស្ម័នអុកស៊ីសែនស្ថិតនៅសីតុណ្ហភាព $0^\circ C$ ។
 - គ.** គណនាតម្លៃថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលនីមួយៗ របស់ឧស្ម័នអុកស៊ីសែននៅសីតុណ្ហភាព $0^\circ C$ ។
គេឲ្យ: $k_B = 1.38 \times 10^{-23} J/K$
- ៦៣.** បាឡុងពីរត្រូវបានភ្ជាប់គ្នាដោយបំពង់មួយមានរ៉ូពីនេបិទជិត។ ដោយបាឡុងទី១ មានផ្ទុកឧស្ម័នដែលមានសម្ពាធ $5atm$ និងមានមាឌ $6L$ ចំណែកបាឡុងទី២នៅទីនោះមានមាឌ $4L$ ។
គេចាប់ផ្តើមបើករ៉ូពីនេ (បើគេដឹងថាបាឡុងនីមួយៗមានសីតុណ្ហភាពថេរ) ។
គណនាសម្ពាធរបស់បាឡុងនីមួយៗ ក្រោយពេលគេបើករ៉ូពីនេ។
- ៦៤.** បាឡុងពីរត្រូវបានភ្ជាប់គ្នាដោយបំពង់មួយមានរ៉ូពីនេបិទជិត។ ដោយបាឡុងទី១ មានផ្ទុកឧស្ម័នដែលមានសម្ពាធ $6atm$ និងមានមាឌ $5L$ ចំណែកបាឡុងទី២ មានផ្ទុកឧស្ម័នដូចគ្នាដែលមានសម្ពាធ $4atm$ និងមានមាឌ $3L$ ។
គេចាប់ផ្តើមបើករ៉ូពីនេ (បើគេដឹងថាបាឡុងនីមួយៗមានសីតុណ្ហភាពថេរ) ។
គណនាសម្ពាធរបស់បាឡុងនីមួយៗ ក្រោយពេលគេបើករ៉ូពីនេ។
- ៦៥.** កំណត់សីតុណ្ហភាពដើម្បីឲ្យល្បឿនប្រសិទ្ធនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នអាសូតដែលមានម៉ាស់ម៉ូល $M_{(N_2)} = 28g/mol$ ស្មើនឹងល្បឿនប្រសិទ្ធនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នអុកស៊ីសែន ដែលមានម៉ាស់ម៉ូល $M_{(O_2)} = 32g/mol$ នៅសីតុណ្ហភាព $47^\circ C$ ។
- ៦៦.** គូបមួយមានជ្រុង $10.0cm$ ផ្ទុកខ្យល់ដែលមានម៉ាស់ម៉ូល $28.9g/mol$ នៅសម្ពាធបរិយាកាស និងសីតុណ្ហភាព $300K$ ។
- ក.** គណនាម៉ាស់ និងទម្ងន់នៃឧស្ម័នក្នុងគូប។
 - ខ.** គណនាកម្លាំងដែលមានអំពើលើផ្ទៃខាងនីមួយៗនៃគូប។
 - គ.** តើហេតុអ្វីបានជាសំណាកដ៏តូចល្អិតមួយអាចបង្កើតកម្លាំងដ៏មហិមារនេះបាន?
- ៦៧.** **ក.** គណនាចំនួនម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធដែលមានមាឌ $1m^3$ នៅសីតុណ្ហភាព $20.0^\circ C$ និងសម្ពាធបរិយាកាស។
- ខ.** ក្នុងមួយម៉ូលនៃម៉ូលេគុលខ្យល់មានម៉ាស់ $28.9g$ ។ គណនាម៉ាស់ខ្យល់ក្នុង $1m^3$ ។
- ៦៨.** ឧស្ម័នអុកស៊ីសែនមួយម៉ូលមានសម្ពាធ P_1 នៅសីតុណ្ហភាព $27.0^\circ C$ ។
- ក.** បើឧស្ម័នត្រូវបានកម្ដៅដោយរក្សាមាឌថេររហូតដល់សម្ពាធកើនឡើងបីដង ចូរគណនាសីតុណ្ហភាពនៃឧស្ម័ន។
 - ខ.** បើឧស្ម័នមានសម្ពាធ និងមាឌកើនឡើងពីរដង ចូរគណនាសីតុណ្ហភាពរបស់ឧស្ម័ន។
- ៦៩.** នៅក្រោមផ្ទៃទឹកសមុទ្រជម្រៅ $25.0m$ មានម៉ាស់មាឌ $\rho = 1025kg/m^3$ មានសីតុណ្ហភាព $5^\circ C$ ។ ពពុះខ្យល់មួយមានមាឌ $1cm^3$ ផុសចេញមកលើផ្ទៃទឹកដែលមានសីតុណ្ហភាព $20^\circ C$ ។

គណនាមាឌរបស់ពុះខ្យល់ពេលរៀបបែកចូលក្នុងខ្យល់។

៧០. គេដាក់ទឹក $9.0g$ ទៅក្នុងធុងដែលមានចំណុះ $2.0L$ រួចដុតកម្ដៅដល់សីតុណ្ហភាព $500^{\circ}C$ ។
គណនាសម្ពាធក្នុងធុង។

៧១. សរសៃដ្ឋានមួយមានវិមាត្រ $10.0m \times 20.0m \times 30.0m$ ។
គណនាចំនួនម៉ូលេគុលខ្យល់នៅក្នុងសរសៃដ្ឋាននោះនៅកម្រិតសីតុណ្ហភាព $20.0^{\circ}C$ និងសម្ពាធនៃ $101kPa$ ។

៧២. ក. បង្ហាញឲ្យឃើញថា ម៉ាសមាឌឧស្ម័នបរិសុទ្ធដែលមានមាឌ V មានទំនាក់ទំនង $\rho = \frac{PM}{RT}$ ដែល P ជាសម្ពាធនៃឧស្ម័ន M ជាម៉ាសម៉ូលេគុលឧស្ម័ន T ជាសីតុណ្ហភាពឧស្ម័ន និង R ជាថេរសកលនៃឧស្ម័ន។

ខ. គណនាម៉ាសមាឌនៃឧស្ម័នអុកស៊ីសែននៅសម្ពាធធម្មតា និងសីតុណ្ហភាព $20.0^{\circ}C$ ។

៧៣. មាសមានម៉ាសម៉ូល $197g/mol$ ។

ក. គណនាចំនួនម៉ូលនៃអាតូមមាសក្នុងគម្រូមាសសុទ្ធ $2.50g$ ។

ខ. គណនាចំនួនអាតូមដែលមានក្នុងគម្រូខាងលើ។

៧៤. គណនា: ចំនួនម៉ូល និងចំនួនម៉ូលេគុលក្នុង $1.00cm^3$ នៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធនៅសម្ពាធនៃ $100Pa$ និងសីតុណ្ហភាព $220K$ ។

៧៥. គណនាតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចរបស់ម៉ូលេគុលឧស្ម័នបរិសុទ្ធក្នុងករណី:

1. ក. សីតុណ្ហភាព $0.00^{\circ}C$ ។

ខ. សីតុណ្ហភាព $100^{\circ}C$ ។

2. គណនាថាមពលស៊ីនេទិចសរុបក្នុងមួយម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធក្នុងករណី:

ក. សីតុណ្ហភាព $0.00^{\circ}C$ ។

ខ. សីតុណ្ហភាព $100^{\circ}C$ ។

៧៦. គណនាប្រសិទ្ធភាពនៃការលឿនមធ្យម v_{rms} នៃអាតូមអេលូមនៅសីតុណ្ហភាព $1000K$ ។
គេឲ្យម៉ាសម៉ូលអេលូម $M = 4.00g/mol$

៧៧. គណនាថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុលនីត្រូសែននៅសីតុណ្ហភាព $1600K$ ។

៧៨. ឧស្ម័នអុកស៊ីសែនមួយមានមាឌ $1000cm^3$ នៅសីតុណ្ហភាព $40^{\circ}C$ និងមានសម្ពាធនៃ $1.01 \times 10^5 Pa$ បានរីករហូតដល់មាឌរបស់វា $1500cm^3$ និងសម្ពាធរបស់វាគឺ $1.06 \times 10^5 Pa$ ។

ក. គណនាចំនួនម៉ូលនៃឧស្ម័នអុកស៊ីសែនខាងលើ។

ខ. គណនាសីតុណ្ហភាពស្រេចនៃឧស្ម័នគម្រូខាងលើ។

៧៩. ក្នុងប្រព័ន្ធសុញ្ញកាសខ្ពស់មួយ សម្ពាធដែលអាចវាស់បានស្មើនឹង $1.00 \times 10^{-10} torr$ (ដែល $1 torr = 133 Pa$) ។
ឧបមាថា សីតុណ្ហភាពស្មើនឹង $300K$ ។ គេឲ្យ ថេរហ្វីលីប្ស៊ែ $k_B = 1.38 \times 10^{-23} J/K$
ចូរគណនាចំនួនម៉ូលេគុលក្នុងមាឌមួយស្មើនឹង $1.00cm^3$ ។

៨០. បរិមាណនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធនៅសីតុណ្ហភាព $10.0^{\circ}C$ និងសម្ពាធនៃ $100kPa$ ត្រូវបានគេបំពេញទៅក្នុងមាឌ $2.50m^3$ ។
គេឲ្យ ថេរសកលនៃឧស្ម័ន $R = 8.31 J/mol \cdot K$

ក. គណនាចំនួនម៉ូលនៃឧស្ម័នដែលបានរៀបរាប់ខាងលើ។

ខ. ប្រសិនបើសម្ពាធឡើងដល់ $300kPa$ និងសីតុណ្ហភាពឡើងដល់ $30.0^{\circ}C$ ។
គណនាមាឌដែលត្រូវយកឧស្ម័នទៅបំពេញ សន្មតថាគ្មានលិចឧស្ម័ន។

៨១. ប្រសិនបើ ម៉ាស់ $m = 2.1212g$ នៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមានមាឌ $V = 1.49L$ ស្ថិតក្នុងលក្ខខណ្ឌដែលមានសីតុណ្ហភាព $t = 0^{\circ}C$ និងសម្ពាធ $P = 810.6kPa$ តើវាជាឧស្ម័នអ្វី? គេឲ្យ: $R = 8.31J/mol \cdot K$
៨២. បាឡុងរាងស៊ីវែរមួយមានមាឌ $4000cm^3$ ផ្ទុកដោយអេល្យូមនៅសម្ពាធ (ខាងក្នុង) $1.20 \times 10^5 Pa$ ។ គណនាចំនួនម៉ូលនៃអេល្យូមក្នុងបាឡុង។ ប្រសិនបើថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃអាតូមអេល្យូមនីមួយៗស្មើនឹង $3.60 \times 10^{-23} J$ ។ គេឲ្យ: $R = 8.31J/mol \cdot K$ និង $k_B = 1.38 \times 10^{-23} J/K$
៨៣. ក. តើអាតូមនៃឧស្ម័នអេល្យូមប៉ុន្មាន ដែលបំពេញក្នុងបាឡុងមួយដែលមានអង្កត់ផ្ចិត $30.0cm$ នៅសីតុណ្ហភាព $20.0^{\circ}C$ និងសម្ពាធ $1.00atm$ ។
ខ. តើថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃអាតូមអេល្យូមមួយស្មើប៉ុន្មាន?
គ. គណនាបួសការងារនៃការល្បឿនមធ្យមនៃអាតូមអេល្យូម។ គេឲ្យ: $R = 8.31J/K \cdot mol$, $k_B = 1.38 \times 10^{-23} J/K$, $1atm = 10^5 Pa$ និងម៉ាស់ម៉ូលអេល្យូម $M = 4 \times 10^{-3} kg/mol$
៨៤. ធុងមួយមានមាឌ $20.0L$ ផ្ទុកឧស្ម័នអេល្យូម $0.225kg$ នៅសីតុណ្ហភាព $18.0^{\circ}C$ ។ ម៉ាស់ម៉ូលអេល្យូមគឺ $4.00g/mol$ ។ យក $R = 8.31J/mol \cdot K$ និង $1atm = 1.013 \times 10^5 Pa$
ក. គណនាចំនួនម៉ូលនៃឧស្ម័នអេល្យូមនៅក្នុងធុង។
ខ. គណនាសម្ពាធនៅក្នុងធុងគិតជា Pa និង atm ។
៨៥. វិមាត្រនៃបន្ទប់មួយគឺ $4.20m \times 3.00m \times 2.50m$ ។
ក. គណនាចំនួនម៉ូលេគុលខ្យល់ក្នុងបន្ទប់នៅសម្ពាធបរិយាកាស ($1atm$) ដែលមានសីតុណ្ហភាព $20^{\circ}C$ ។
ខ. គណនាម៉ាស់ខ្យល់នេះ។ សន្មតថាខ្យល់ចាត់ចូលម៉ូលេគុលឌីអាតូម ដែលមានម៉ាស់ម៉ូល $28.9g/mol$ ។
គ. គណនាតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចនៃម៉ូលេគុលនីមួយៗ។
ឃ. គណនាបួសការងារនៃការល្បឿនមធ្យមរបស់ម៉ូលេគុល។
៨៦. អ្នកផ្គុំបំប៉ោងបាឡុងរាងស៊ីវែរមួយដល់អង្កត់ផ្ចិត $50.0cm$ រហូតដល់សម្ពាធខាងក្នុងគឺ $1.25atm$ និងសីតុណ្ហភាពគឺ $22.0^{\circ}C$ ។ សន្មតថាឧស្ម័នទាំងអស់ជា N_2 មានម៉ាស់ម៉ូល $28.0g/mol$ ។
ក. រកម៉ាស់នៃម៉ូលេគុល N_2 មួយ។
ខ. រកតម្លៃមធ្យមនៃថាមពលស៊ីនេទិចនៃម៉ូលេគុល N_2 មាន។
គ. តើមានចំនួនម៉ូលេគុល N_2 ក្នុងបាឡុងនេះប៉ុន្មាន?
ឃ. រកថាមពលស៊ីនេទិចសរុបនៃម៉ូលេគុល N_2 ទាំងអស់ក្នុងបាឡុង។ គេឲ្យ: $R = 8.31J/mol \cdot K$; $k_B = 1.38 \times 10^{-23} J/K$; $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/mol និង $1atm = 10^5 Pa$
៨៧. ក. គណនាមាឌ ដើម្បីរក្សា $4.0g$ នៃឧស្ម័នអុកស៊ីសែន ($M = 32g/mol$) នៅលក្ខខណ្ឌ(S.T.P) ។
ខ. គណនាថាមពលស៊ីនេទិចសរុបនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នអុកស៊ីសែននោះ។
គ. គណនាល្បឿន rms នៃអុកស៊ីសែននោះ។
៨៨. ឧស្ម័នមួយត្រូវបានផ្ទុកក្នុងធុង $8.00L$ បិទជិតមួយនៅសីតុណ្ហភាព $20.0^{\circ}C$ និងមានសម្ពាធ $9.00atm$ ។
ក. គណនាចំនួនម៉ូលនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័នក្នុងធុង។
ខ. គណនាចំនួនម៉ូលេគុលដែលមានក្នុងធុង។

មេរៀនទី ២ ច្បាប់ទី១នៃម៉ូឌីណាមិច

១ ប្រព័ន្ធនៃម៉ូឌីណាមិច:

និយមន័យ

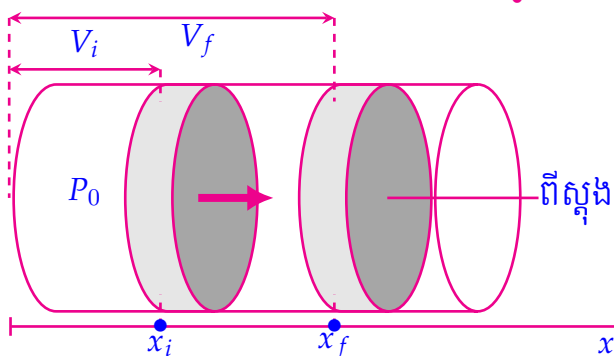
១. **ប្រព័ន្ធ:** គឺជាវត្ថុ ឬសំណុំវត្ថុដែលយើងលើកកមកសិក្សា ដោយធៀបទៅនឹងវត្ថុដ៏ទៃផ្សេងទៀត ។
(វត្ថុដ៏ទៃផ្សេងទៀតនោះ យើងហៅថា: មជ្ឈដ្ឋានក្រៅ) ។
២. **ភាពនៃប្រព័ន្ធ:** គឺជាសំណុំលេខដែលវាស់ទំហំរូបវិទ្យា ដើម្បីសម្គាល់ប្រព័ន្ធនៅខណៈណាមួយ មានមាឌ សម្ពាធនិងសីតុណ្ហភាពជាអថេរសម្គាល់ភាពនៃប្រព័ន្ធ ។
៣. **បម្លែងទែម៉ូឌីណាមិច:** ប្រព័ន្ធមួយទទួលបម្លែងទែម៉ូឌីណាមិច កាលណាវាផ្លាស់ប្តូរភាព ដោយប្តូរតែ កម្មន្ត និងកម្ដៅ ជាមួយមជ្ឈដ្ឋានក្រៅប៉ុណ្ណោះ ។ គេចែកបម្លែងទែម៉ូឌីណាមិចជាពីរគឺ បម្លែងចំហ និងបម្លែងបិទ ។
 - * បម្លែងចំហ-បម្លែងបិទ: ពេលប្រព័ន្ធមួយទទួលបម្លែងទែម៉ូឌីណាមិច:
 - បើភាពដើម និងភាពស្រេចនៃប្រព័ន្ធមួយ ខុសគ្នា នោះគេថាប្រព័ន្ធទទួលរងនូវបម្លែងចំហ ។
 - បើភាពដើម និងភាពស្រេចនៃប្រព័ន្ធមួយ ដូចគ្នា នោះគេថាប្រព័ន្ធទទួលរងនូវបម្លែងបិទ ។
៤. **ប្រព័ន្ធទែម៉ូឌីណាមិច:** គឺជាប្រព័ន្ធដែលទទួល បម្លែងទែម៉ូឌីណាមិចដោយមានការផ្លាស់ប្តូរភាពដើម និងភាពស្រេចតាមដំណើរប្រព្រឹត្តទៅខុសៗគ្នា ។
 - សមីការប្រែប្រួលភាពនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធ: $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = nR = \text{ថេរ}$
ដែលភាពដើម P_1, V_1 សម្ពាធនិងមាឌឧស្ម័ននៅសីតុណ្ហភាព T_1 និង ភាពស្រេច P_2, V_2 សម្ពាធនិងមាឌឧស្ម័ននៅសីតុណ្ហភាព T_2 មាឌគិតជា m^3 សីតុណ្ហភាពគិតជា K និងសម្ពាធគិតជា Pa (V_1, V_2 អាចគិតជា L ក៏បាន) ។

២ កម្មន្តបំពេញក្នុងពេលបម្រែបម្រួលមាឌ:

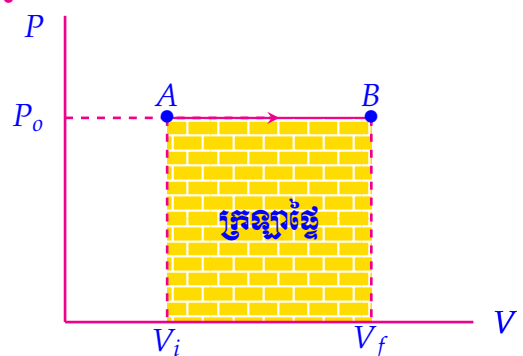
ក ករណីសម្ពាធមេរ (លំនាំអ៊ីសូបាត):

ឧបមាថាឧស្ម័នមានមាឌដើម V_i ស្ថិតក្នុងស៊ីឡាំងដែលមានមុខកាត់ A បិទជិតដោយពីស្តុងមួយ ។ ពេលឧស្ម័នរុញពីស្តុងពីទីតាំង x_i ទៅទីតាំង x_f ដែល $V_i = Ax_i$ និង $V_f = Ax_f$ ក្រោមសម្ពាធមេរ P_o :

រូបភាព ១. លំនាំអ៊ីសូបាត



(ក). កម្មន្តបំពេញដោយឧស្ម័ន



(ខ). ផ្សាក្រាម ($P - V$)

និយមន័យ

លំនាំអ៊ីសូបារ (Isobaric Process) គឺជាលំនាំមួយដែលសម្ពាធនៃប្រព័ន្ធក្នុងបម្លែងទែម៉ូឌីណាមិចមានតម្លៃថេរ ។

១. កម្មន្តបំពេញដោយឧស្ម័ន:

$$\text{កម្មន្តបំពេញដោយឧស្ម័ន} : W = F \times \Delta x = F (x_f - x_i)$$

$$\text{ដែល} : P_o = \frac{F}{A} \quad \text{នោះ} : F = P_o A$$

$$\text{យើងបាន} : W = P_o A (x_f - x_i) = P_o (Ax_f - Ax_i)$$

$$\text{នាំឲ្យ} : W = P_o (V_f - V_i) = P_o \Delta V$$

$$\text{ដូចនេះ} : W = P_o \Delta V$$

$$\text{២. សមីការប្រែប្រួលរាង: } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\bullet \text{ ករណីសម្ពាធថេរ: } P_1 = P_2 = P_o = \text{ថេរ}$$

$$\text{យើងបាន} : \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{ថេរ}$$

$$\text{នាំឲ្យ} : V_2 = \left(\frac{V_1}{T_1}\right) T_2 \quad \text{មានរាង} \quad y = ax \quad \text{ជាបន្ទាត់}$$

• កម្មន្តក្នុងលំនាំអ៊ីសូបារ: តាមដ្យាក្រាម ($P - V$) ក្នុងរូបបង្ហាញពីសម្ពាធថេរ និងកំណើនមាឌនៃឧស្ម័ន:

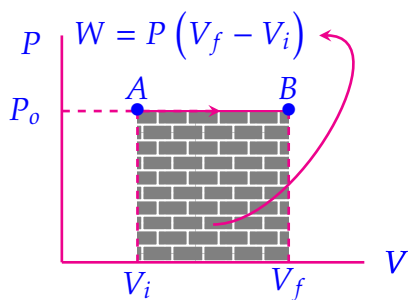
$$W = P \Delta V = P (V_f - V_i) = A$$

ដូចនេះក្នុងដ្យាក្រាម ($P - V$) កម្មន្តដែលបំពេញ ដោយឧស្ម័នគឺជាក្រឡាផ្ទៃចតុកោណកែងដែលមានវិមាត្រជា

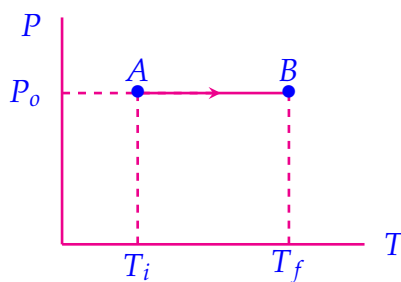
P និង ΔV ។

៣. ដ្យាក្រាម ($P - V$), ($P - T$) និង ($V - T$)

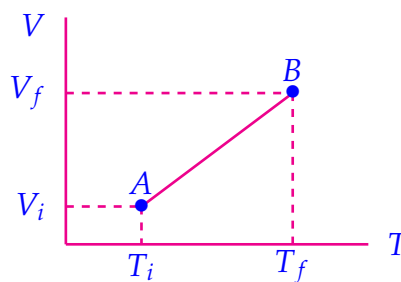
រូបភាព ២. ដ្យាក្រាម



(ក). ដ្យាក្រាម ($P - V$)



(ខ). ដ្យាក្រាម ($P - T$)



(គ). ដ្យាក្រាម ($V - T$)

២ ករណីសម្ពាធប្រែប្រួលស្មើ

បើប្រព័ន្ធប្រែប្រួលសម្ពាធពី P_1 ទៅ P_2 យើងបានសម្ពាធមធ្យមកំណត់ដោយ: $P_{av} = \frac{P_1 + P_2}{2}$

១. កម្មន្តបំពេញដោយឧស្ម័ន

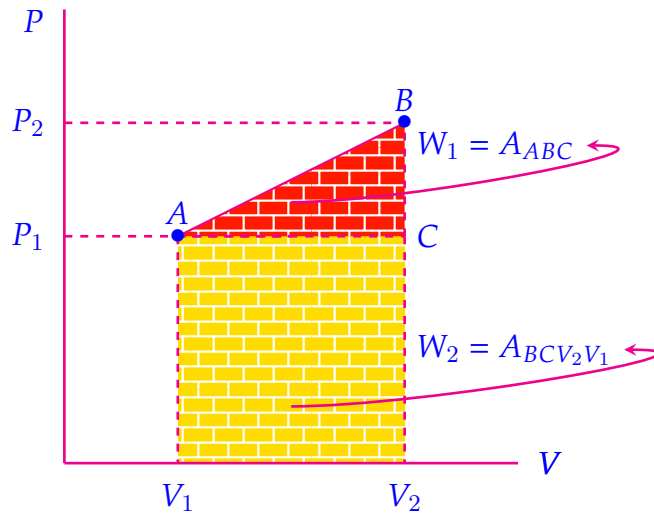
$$\text{យើងបាន} : W = P_{av} \Delta V = \frac{P_1 + P_2}{2} \Delta V$$

ម៉្យាងទៀត : $W = \frac{2P_1 - P_1 + P_2}{2} \Delta V$

នោះ : $W = P_1 \Delta V + \frac{P_2 - P_1}{2} \Delta V$

ដូចនេះ : $W = P_1 \Delta V + \frac{1}{2} (P_2 - P_1) \Delta V$

២. ដ្យាក្រាម (P - V) ករណីសម្ពាធបម្រែបម្រួលស្មើ



រូបភាព ៣. ដ្យាក្រាម (P - V) ករណីសម្ពាធបម្រែបម្រួលស្មើ

៣. កម្មន្តក្នុងករណីសម្ពាធសមាមាត្រនឹងមាឌ

តាមដ្យាក្រាម (P - V) ខាងលើ យើងបានក្រឡាផ្ទៃឆ្នូតនៃ (P - V) គឺ $A = A_{ABC} + A_{BCV_2V_1}$

ដែល : $A_{ABC} = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_2 - V_1)$ និង $A_{BCV_2V_1} = P_1 \Delta V$

សមមូល : $A = P_1 \Delta V + \frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_2 - V_1)$

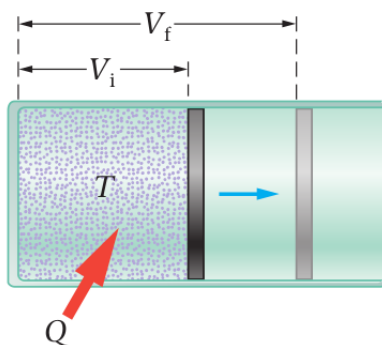
ដូចនេះ : $A = W = P_1 \Delta V + \frac{1}{2} (P_2 - P_1) \Delta V$

ដូចនេះកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័ន គឺជាក្រឡាផ្ទៃផ្នែកឆ្នូតដែលបានខ័ណ្ឌដោយខ្សែកោង (P - V) ។

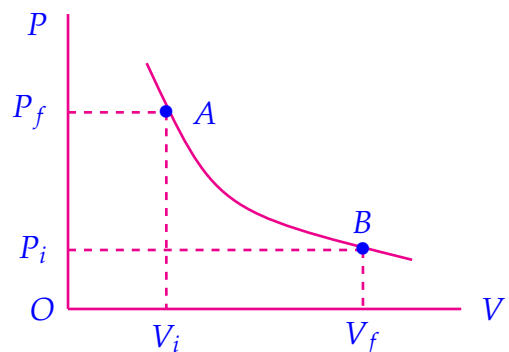
គ ករណីសីតុណ្ហភាពថេរ(លំនាំអ៊ីសូទែម):

ក្នុងករណីប្រព័ន្ធដំណើរការដោយរក្សាសីតុណ្ហភាពថេរ តាមពិសោធន៍គេបានដ្យាក្រាម (P - V) ដូចរូប:

រូបភាព ៤. លំនាំអ៊ីសូទែម



(ក). ស៊ីឡាំងដែលមានសីតុណ្ហភាពថេរ



(ខ). ដ្យាក្រាម (P - V) ករណីសីតុណ្ហភាពថេរ

និយមន័យ

លំដាប់អ៊ីសូទែម(Isothermal Process): គឺជាលំដាប់មួយដែល សីតុណ្ហភាពនៃ ប្រព័ន្ធក្នុង បម្លែងទែម៉ូឌីណាមិច មានតម្លៃថេរ។

១. កម្មន្តបំពេញដោយឧត្ត័នៈ

តាមសម្រាយបញ្ជាក់ខាងលើ: : $W = A$ ដែល $W = A = \int_{V_i}^{V_f} p dV = Nk_B T \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V}$

នោះ: : $W = Nk_B T \ln [V]_{V_i}^{V_f}$

នាំឱ្យ: : $W = Nk_B T \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) = nRT \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$

ដូចនេះ: : $W = nRT \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$

២. សមីការប្រែប្រួលភាព: $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

- ករណីសីតុណ្ហភាពថេរ: $T_1 = T_2 =$ ថេរ

យើងបាន : $P_1 V_1 = P_2 T_2 =$ ថេរ

នាំឱ្យ : $P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$ មានរាង $y = \frac{a}{x}$ ជាអ៊ីពែបូល

- កម្មន្តក្នុងករណីសីតុណ្ហភាពថេរ:

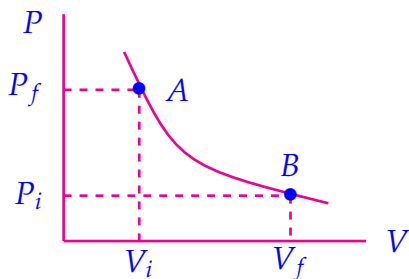
យើងមាន : $W = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$ ឬ $W = Nk_B T \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$

ដែល : $\frac{V_f}{V_i} = \frac{P_i}{P_f}$

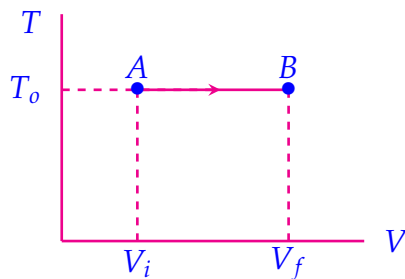
នោះ: : $W = nRT \ln \left(\frac{P_i}{P_f} \right)$ ឬ $W = P_i V_i \ln \left(\frac{P_i}{P_f} \right)$

៣. ដ្យាក្រាម $(P - V)$, $(T - V)$ និង $(P - T)$

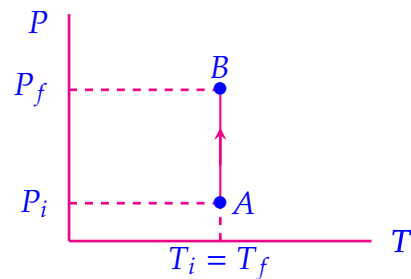
រូបភាព ៥. ដ្យាក្រាម



(ក). ដ្យាក្រាម $(P - V)$



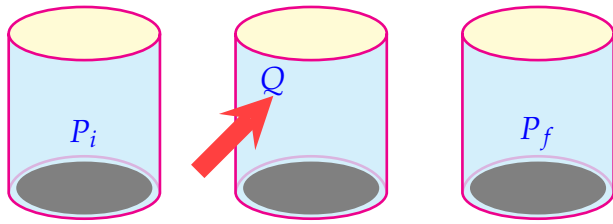
(ខ). ដ្យាក្រាម $(T - V)$



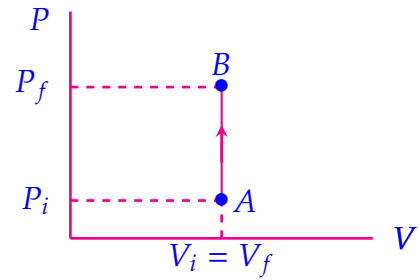
(គ). ដ្យាក្រាម $(P - T)$

២៥ ករណីមាឌថេរ (លំនាំអ៊ីសូករ)

រូបភាព ៦. លំនាំអ៊ីសូករ



(ក). ស៊ីឡាំងមានមាឌថេរ



(ខ). ដ្យាក្រាម ($P - V$)

និយមន័យ

លំនាំអ៊ីសូករ (Isochoric Process): គឺជាលំនាំមួយដែលមាឌនៃប្រព័ន្ធក្នុងបម្លែងទែម៉ូឌីណាមិចមានតម្លៃថេរ។

១. កម្មន្តបំពេញដោយខ្លួនឯង:

ដោយ : $V_i = V_f = \text{ថេរ}$

ដូចនេះ : $W = 0$

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

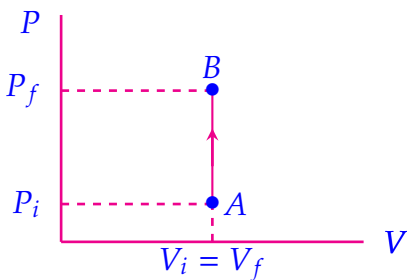
• ករណីមាឌថេរ: $V_1 = V_2 = \text{ថេរ}$

យើងបាន : $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{ថេរ}$

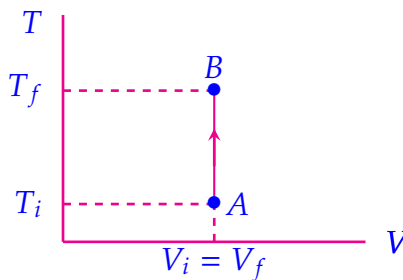
នាំឱ្យ : $P_2 = \frac{P_1}{T_1} T_2$ មានរាង $y = ax$ ជាបន្ទាត់

៣. ដ្យាក្រាម ($P - V$), ($T - V$) និង ($P - T$)

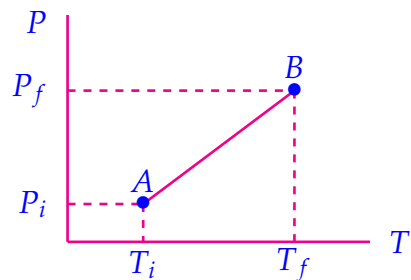
រូបភាព ៧. ដ្យាក្រាម



(ក). ដ្យាក្រាម ($P - V$)



(ខ). ដ្យាក្រាម ($T - V$)



(គ). ដ្យាក្រាម ($P - T$)

៣ ថាមពលក្នុងនៃច្បាប់ទី១ នៃម៉ូឌីណាមិច

ក កម្ដៅ និងកម្មន្ត:

កម្ដៅមានទំនាក់ទំនងជាមួយសីតុណ្ហភាព។ ថាមពលកម្ដៅអាចផ្ទេរពីអង្គធាតុមួយទៅអង្គធាតុមួយទៀតកាលណាវាមានសីតុណ្ហភាពខុសគ្នា។ ដូចនេះសីតុណ្ហភាពខុសគ្នាជាលក្ខណៈចាំបាច់សម្រាប់ផ្ទេរកម្ដៅ។

ខ ថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន

ក. ថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន:

និយមន័យ

ថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន: គឺជាថាមពលស៊ីនេទិចសរុបនៃម៉ូលេគុលឧស្ម័ន។

$$\text{គេកំណត់សរសេរដោយ:} \quad U = \frac{3}{2}Nk_B T = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV$$

ខ. បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន: បើពេលមានបម្រែបម្រួលសីតុណ្ហភាព នោះឧស្ម័នមានបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង:

$$\text{យើងបាន} \quad \Delta U = U_2 - U_1$$

$$\text{ដែល} \quad U_1 = \frac{3}{2}Nk_B T_1 = \frac{3}{2}nRT_1 \quad \text{និង} \quad U_2 = \frac{3}{2}Nk_B T_2 = \frac{3}{2}nRT_2$$

$$\text{សមមូល} \quad \Delta U = \frac{3}{2}Nk_B T_2 - \frac{3}{2}Nk_B T_1 \quad \text{ឬ} \quad \Delta U = \frac{3}{2}nRT_2 - \frac{3}{2}nRT_1$$

$$\text{ដូចនេះ} \quad \Delta U = \frac{3}{2}Nk_B \Delta T = \frac{3}{2}nR\Delta T \quad \text{ឬ} \quad \Delta U = \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

សម្គាល់

បើឧស្ម័នមានសីតុណ្ហភាពថេរ នោះមិនមានបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងទេ ព្រោះថាមពលក្នុងអាស្រ័យនឹងសីតុណ្ហភាព។

$$\text{យើងបាន} \quad \Delta T = T_2 - T_1 = 0$$

$$\text{ដូចនេះ} \quad \Delta U = 0$$

គ ច្បាប់ទី១នៃម៉ូឌីណាមិច:

និយមន័យ

ច្បាប់ទីមួយនៃម៉ូឌីណាមិច: ក្នុងបម្លែងនៃម៉ូឌីណាមិចកម្ដៅស្រូបដោយប្រព័ន្ធលើនឹងផលបូកកម្មន្តបង្កើតឡើងដោយប្រព័ន្ធ និងបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធ។

$$\text{គេសរសេរ} \quad Q = W + \Delta U$$

សម្គាល់

* សិក្សាសញ្ញា:

១. បើប្រព័ន្ធបញ្ចេញកម្ដៅ (បំពេញកម្ដៅ) ឬ ធ្វើកម្ដៅ នោះ $W > 0$ តែបើប្រព័ន្ធរងកម្ដៅ ឬទទួលកម្ដៅ នោះ $W < 0$
២. បើប្រព័ន្ធស្រូបកម្ដៅ នោះ $Q > 0$ តែបើប្រព័ន្ធបញ្ចេញកម្ដៅ នោះ $Q < 0$
៣. បើចាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធកើន $\Delta U > 0$ តែបើចាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធចុះ នោះ $\Delta U < 0$

បម្លែងបិទ~គោលការណ៍សមមូល:

១. បម្លែងបិទ: បើប្រព័ន្ធមួយប្រែប្រួលពីភាព 1 ទៅភាព 2 រួចត្រឡប់ពីភាព 2 ទៅភាព 1 វិញនោះយើងបាន:

- ក្នុងលំនាំនៃភាព 1 ទៅភាព 2 $Q_1 = W_1 + \Delta U_1$ ឬ $Q_1 = W_1 + U_2 - U_1$
- ក្នុងលំនាំនៃភាព 2 ទៅភាព 1 $Q_2 = W_2 + \Delta U_2$ ឬ $Q_2 = W_2 + U_1 - U_2$

យើងបានបម្លែងសរុបគឺ: $Q_1 + Q_2 = W_1 + U_2 - U_1 + W_2 + U_1 - U_2$

តាង $W = W_1 + W_2$ នឹង $Q = Q_1 + Q_2$

សមមូល $Q = W + 0 (\Delta U = 0)$

ដូចនេះ $\Delta U = Q - W = 0$

២. គោលការណ៍សមមូល: កាលណាប្រព័ន្ធធ្វើបម្លែងបិទ ក្នុងមួយស៊ីត (វដ្ត) ដោយប្រព័ន្ធប្តូរតែកម្ដៅ និងកម្ដៅជាមួយមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ មានន័យថា:

- បើប្រព័ន្ធបំពេញកម្ដៅ ឬធ្វើកម្ដៅ ($W > 0$) នោះវាបញ្ចេញកម្ដៅ $Q < 0$
- បើប្រព័ន្ធទទួលកម្ដៅ ឬរងកម្ដៅ ($W < 0$) នោះវាស្រូបកម្ដៅ $Q > 0$

គេអាចកំណត់សរសេរ $|Q| = |W|$ ឬ $\Delta U = 0$

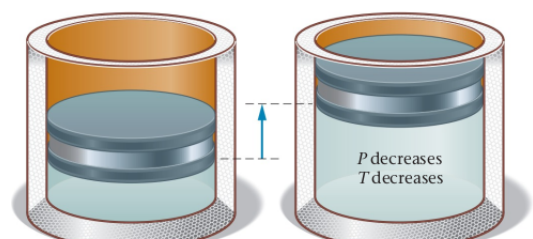
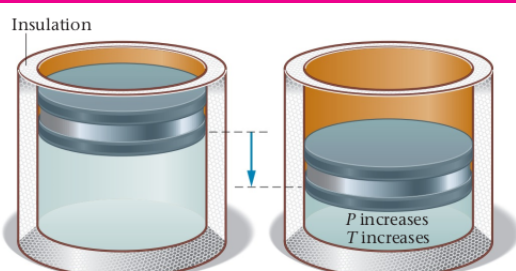
កម្មវត្ថុក្នុងករណីកម្ដៅមិនប្តូរជាមួយមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ(លំនាំអាដ្យាបាទិច)

និយមន័យ

លំនាំអាដ្យាបាទិច(Adiabatic Processes) ជាលំនាំមួយដែលគ្មានបណ្តាចាមពលកម្ដៅ (មិនស្រូប និងមិនបញ្ចេញកម្ដៅ) ជាមួយមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ មានន័យថា $Q = 0 J$

តាមច្បាប់ទីមួយនៃម៉ូឌីណាមិច $Q = W + \Delta U$ តែ $Q = 0$

ដូចនេះ $W = -\Delta U$



၆ **စံအား**

១. ដូចម្តេចដែលហៅថាប្រព័ន្ធទែម៉ូឌីណាមិច ?
២. ដូចម្តេចដែលហៅថាបង្អែងទែម៉ូឌីណាមិច ? បង្អែងទែម៉ូឌីណាមិចមានប៉ុន្មានយ៉ាង ? ចូរពន្យល់ពីបង្អែងនីមួយៗ ។
៣. ចូរពោលច្បាប់ទីមួយទែម៉ូឌីណាមិច រួចចូរបញ្ជាក់រូបមន្តនៃច្បាប់ទីមួយទែម៉ូឌីណាមិចផង ។

សង្ខេបប្រយោជន៍

កម្មវត្ថុក្នុងករណីសម្ភាសន៍(លំនាំអ៊ីស្ទូបារ)

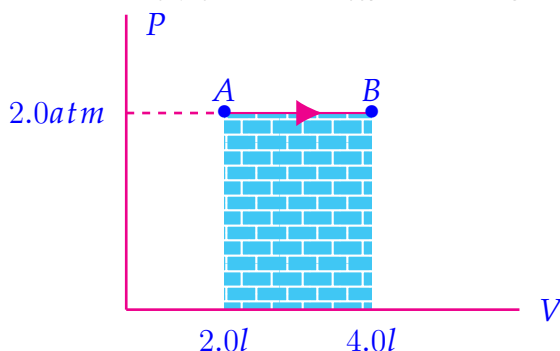
សម្មាគល្យែរ : $W = P\Delta V$ ដែល $\Delta V = V_2 - V_1$

ម្យ៉ាងទៀត : $W = PV_2 - PV_1 = nRT_2 - nRT_1$

គេអាចសរសេរ : $W = nR\Delta T$ ដែល $\Delta T = T_2 - T_1$

- W កម្មន្ត គិតជាស៊ូល (J)
 - P សម្ពាធ គិតជាប៉ាស្កាល់ (Pa)
 - V_1 មាឌនៅភាពងើម គិតជាម៉ែតគូប (m^3)
 - V_2 មាឌនៅភាពស្រេច គិតជាម៉ែតគូប (m^3)
 - n ចំនួនម៉ូលនៃឧស្ម័ន គិតជា ម៉ូល mol
 - R ថេរសកលនៃឧស្ម័ន $8.31 J/mol \cdot K$
 - T_1 សីតុណ្ហភាពនៅភាពងើម គិតជាកែលវិន (K)
 - T_2 សីតុណ្ហភាពនៅភាពស្រេច គិតជាកែលវិន (K)

- ៤.** នៅសម្ពាធថេរ $200kPa$ ឧស្ម័នមួយប្រែប្រួលមាឌពី $0.75m^3$ រហូតដល់ $1.90m^3$ ។ គណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័នក្នុងរយៈពេលបម្រែបម្រួលមាឌខាងលើ ។
- ៥.** គេសន្មតថាឧស្ម័នមួយនៅក្នុងស៊ីឡាំងដែលត្រូវបានបិទជិតដោយពីស្តុងមួយ អាចរីកមានក្រោមសម្ពាធថេរ $500kPa$ ពី $10L$ ទៅ $25L$ ។ គណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័ននោះ ។
- ៦.** ក្នុងលំនាំអ៊ីសូបារនៃឧស្ម័នមួយមានសម្ពាធ $150kPa$ ហើយមានមាឌ $75 \times 10^4 cm^3$ ។ តើឧស្ម័ននោះមានមាឌកើនឡើងដល់កម្រិតណា បើគេដឹងថាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័នក្នុងរយៈពេលនោះមានតម្លៃ $22.5kJ$ ។
- ៧.** ឧស្ម័នក្នុងធុងមួយស្ថិតក្រោមសម្ពាធ $240kPa$ ។ គេធ្វើឲ្យឧស្ម័នរីកមានកើនឡើង ២ដងនៃមាឌដើម ដោយរក្សាសម្ពាធឲ្យនៅដដែល ហើយកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័ននោះមានតម្លៃ $2.88kJ$ ។ គណនាមាឌដើម និងមាឌស្រេចនៃឧស្ម័ននោះ ។
- ៨.** គេសន្មតថាឧស្ម័នមួយនៅក្នុងស៊ីឡាំងដែលបិទជិតដោយពីស្តុង អាចរីកមានពី $2dm^3$ ទៅ $5dm^3$ ក្រោមសម្ពាធថេរ $200kPa$ ។ គណនាកម្មន្តធ្វើដោយឧស្ម័ននោះ ។
- ៩.** គេផ្ទុកឧស្ម័នមានមាឌ $8 \times 10^2 cm^3$ ក្នុងសម្ពាធថេរ $100kPa$ នោះឧស្ម័នរីកមានលើសពីមាឌដើម $15 \times 10^4 cm^3$ ។
ក. គណនាមាឌដែលឧស្ម័នបានរីក ។ **ខ.** គណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័ននោះ ។
- ១០.** តើផ្ទៃដែលបានគូសក្រោមក្រាប $P - V$ ស្មើប៉ុន្មាន ? តើកម្មន្តដែលបានធ្វើពីភាព $A \rightarrow B$ ស្មើនឹងប៉ុន្មាន ?



សង្ខេបរូបមន្ត

កម្មន្តក្នុងករណីសម្ពាធព្រែប្រួលស្មើ (សម្ពាធនិងមាឌប្រែប្រួល)

យើងមាន : $W = P_{av}\Delta V$ ដែល $P_{av} = \frac{P_1 + P_2}{2}$ និង $\Delta V = V_2 - V_1$

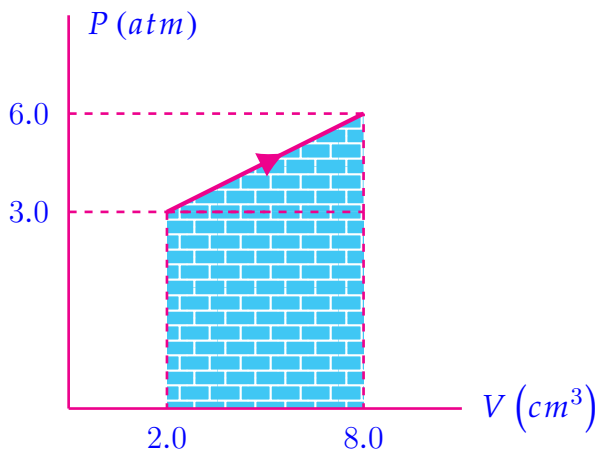
ឬ : $W = P_1\Delta V + \frac{1}{2}(P_2 - P_1)\Delta V = P_1\Delta V + \frac{1}{2}\Delta P\Delta V$

- P_{av} តម្លៃនៃសម្ពាធមធ្យម គិតជាប៉ាស្កាល់ (Pa)
- P_2 សម្ពាធនៅភាពស្រេច គិតជា ប៉ាស្កាល់ (Pa)
- P_1 សម្ពាធនៅភាពដើម គិតជា ប៉ាស្កាល់ (Pa)

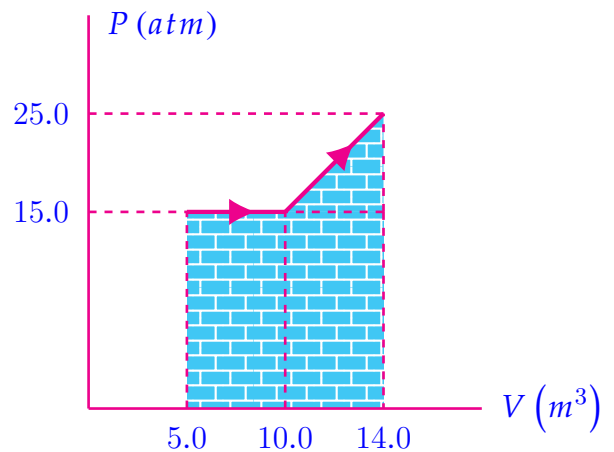
១១. ឧស្ម័នមួយរីកមាឌពី $0.50m^3$ រហូតដល់ $0.70m^3$ កាលណាសម្ពាធកើនឡើងពី $1.0 \times 10^5 Pa$ ដល់ $2.5 \times 10^5 Pa$ ។ គណនាកម្មន្តបំពេញដោយប្រព័ន្ធខ្នែងនេះ ។

១២. នៅក្នុងបំពង់មួយមានដាក់ឧស្ម័នដែលគេសន្មតថាជាឧស្ម័នបរិសុទ្ធ ។ គេធ្វើឲ្យឧស្ម័ននោះរីកមាឌពី $40dm^3$ ទៅ $100dm^3$ ហើយសម្ពាធរបស់វាកើនឡើង ស្មើពី $2atm$ ទៅ $5atm$ ។ គណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័ននោះ ពេលមានបម្រែបម្រួលមាឌ ។

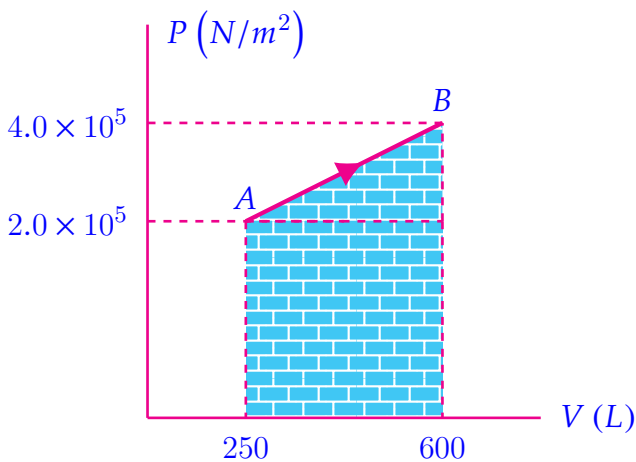
១៣. តាមក្រាប $P - V$ ខាងក្រោម ចូរគណនាកម្មន្តដែលផ្លាស់ប្តូរក្នុងប្រព័ន្ធទែម៉ូឌីណាមិច ។



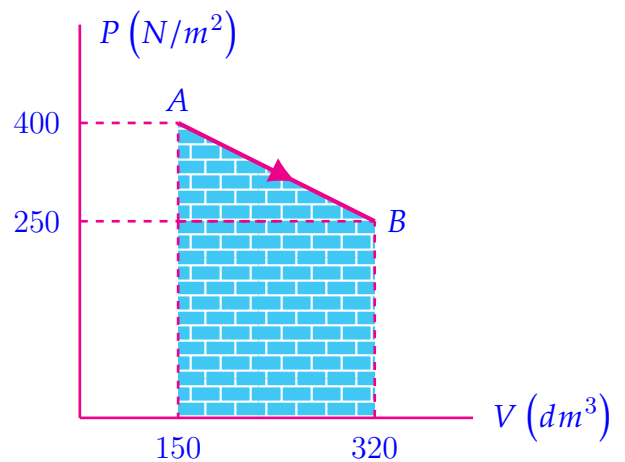
(ក). ក្រាប $P - V$



(ខ). ក្រាប $P - V$



(គ). ក្រាប $P - V$



(ឃ). ក្រាប $P - V$

សង្ខេបរូបមន្ត

កម្មន្តក្នុងករណីសីតុណ្ហភាពថេរ(លំនាំអ៊ីសូទែម)

កម្មន្ត : $W = Nk_B T \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ ករណី $T_1 = T_2 = T =$ ថេរ

ឬ : $W = Nk_B T \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = nRT \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = P_1 V_1 \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$

ដែល : $k_B = \frac{R}{N_A}$ និង $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/mol

- T សីតុណ្ហភាព គិតជាកែលវីន (K)

- k_B ថេរបុលស្មាន់ (1.38×10^{-23} J/K)

១៤. គេមានឧស្ម័នបរិសុទ្ធ 0.5mol ស្ថិតក្រោមសីតុណ្ហភាព 0°C ។ គេធ្វើឲ្យឧស្ម័ននោះរីកមាឌពី 20L ទៅ 40L តាមលំនាំអ៊ីសូទែម ។

ក. គណនាកម្មន្តដែលបានបំពេញដោយឧស្ម័នក្នុងពេលមានបម្រែបម្រួលមាឌ ។

ខ. ចូរធ្វើគំនូសតាងដ្យាក្រាម $P - V$ ដោយឆ្លុះបញ្ចាំងក្រឡាផ្ទៃតាងឲ្យកម្មន្តដែលបានបំពេញដោយឧស្ម័ន ។
គេឲ្យ: $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$

១៥. ក្នុងស៊ីឡាំងមួយមានឧស្ម័នបរិសុទ្ធម៉ូលេគុលអាតូម 2mol នៅសីតុណ្ហភាព 0°C ។ ដោយរក្សាសីតុណ្ហភាពឲ្យថេរ ហើយរីកមាឌពី 5L ទៅ 10L ។ គេឲ្យ: $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$, $\ln 2 = 0.7$, $\ln 5 = 1.6$, $\ln 10 = 2.3$

ក. តើឧស្ម័ននេះមានបម្រែបម្រួលមាឌតាមលំនាំអ្វី?

ខ. គណនាកម្មន្តដែលឧស្ម័នដែលបានបំពេញក្នុងរយៈពេលបម្រែបម្រួលមាឌនេះ ។

គ. តើបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធច្បាប់ឧស្ម័នមានតម្លៃប៉ុន្មាន?

១៦. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធ ស្ថិតក្រោមសីតុណ្ហភាព 27°C ។ គេធ្វើឲ្យឧស្ម័ននោះរីកមាឌពី 30dm^3 រហូតដល់ 60dm^3 ដោយរក្សាសីតុណ្ហភាពឲ្យនៅដដែល ។

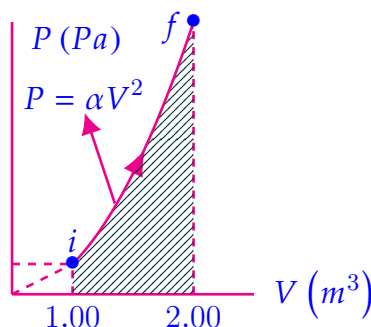
ក. គណនាចំនួនម៉ូលនៃឧស្ម័ន ។ បើគេដឹងថាកម្មន្តដែលកើតមានក្នុងពេលមានបម្រែបម្រួលមាឌឧស្ម័ន គឺ 432J ។ គេឲ្យ: $R = 8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$

ខ. គណនាចំនួនម៉ូលេគុលសរុបនៃឧស្ម័ន ។ គេឲ្យ: $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ម៉ូលេគុល/mol

គ. ចូរធ្វើគំនូសតាងដ្យាក្រាម $P - V$ ដោយឆ្លុះបញ្ចាំងក្រឡាផ្ទៃតាងឲ្យកម្មន្តដែលបានបំពេញដោយឧស្ម័ន ។

១៧. នៅសីតុណ្ហភាពថេរ 273K ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយប្រែប្រួលមាឌពី 0.31m^3 ដល់ 0.45m^3 ។ គេដឹងថាឧស្ម័ននេះមាន 0.50mol ។ គណនាកម្មន្តដែលបានបំពេញក្នុងពេលមានបម្រែប្រួលមាឌ ។

១៨. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយប្រភេទមានមាឌដើម 1.00m^3 ត្រូវបានរីកមាឌពីរដងនៃមាឌដើមតាមសមីការ $P = \alpha V^2$ ក្នុងលំនាំកាស៊ីស្តាទិចដែល $\alpha = 5.00\text{atm/m}^6$ ដូចរូប ។ គណនាកម្មន្តដែលត្រូវការដើម្បីពង្រីកមាឌឧស្ម័ន ។



១៩. មួយម៉ូលនៃឧស្ម័ន O_2 សន្មតថាវាជាឧស្ម័នបរិសុទ្ធ ។

ក. ឧស្ម័នរីកនៅសីតុណ្ហភាពថេរ $T = 310K$ ពីមាឌដើម $V_i = 12L$ ទៅ $V_f = 19L$ ។ គណនាកម្មន្តក្នុងដំណើរការរីកមាឌរបស់ឧស្ម័ន ។

ខ. ឧស្ម័នរួមមាឌនៅសីតុណ្ហភាពថេរ $T = 310K$ ពីមាឌ $V_i = 19L$ ទៅ $V_f = 12L$ ។ គណនាកម្មន្តក្នុងដំណើរការរួមមាឌរបស់ឧស្ម័ន ។

គេឱ្យ: $\ln\left(\frac{19}{12}\right) = 0.46$, $\ln\left(\frac{12}{19}\right) = -0.46$ និង $R = 8.31J/mol \cdot K$

សង្ខេបបូរមន្ត

១. កម្មន្តក្នុងករណីមាឌថេរ(លំនាំអ៊ីសូករ)

ករណី : $V =$ ថេរ គេបាន $W = 0$

២. ថាមពលក្នុង និងបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន:

ក. ថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន:

គឺជាថាមពលស៊ីនេទិចសរុបនៃឧស្ម័ន ។

$$\text{គេបាន} : U = \frac{3}{2}nRT$$

$$\text{ឬ} : U = \frac{3}{2}Nk_B T$$

ខ. បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន

$$\text{យើងបាន} : \Delta U = U_2 - U_1$$

$$\text{នោះ} : \Delta U = \frac{3}{2}nRT_2 - \frac{3}{2}nRT_1$$

$$\text{ដូចនេះ} : \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

៣. ច្បាប់ទី១ នៃម៉ូឌីណាមិច: កម្ដៅស្រូបដោយប្រព័ន្ធលើនឹងផលបូកកម្មន្តបង្កើតឡើងដោយប្រព័ន្ធ និងបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធ ។

$$\text{គេកំណត់សរសេរ} : Q = W + \Delta U$$

៤. កម្មន្តក្នុងករណីកម្ដៅមិនអ្នកជាមួយមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ(លំនាំអេឌីបាតិច) ជាលំនាំមួយដែលគ្មានបណ្តាញថាមពលកម្ដៅ (មិនស្រូប និងមិនបញ្ចេញកម្ដៅ) ជាមួយមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ មានន័យថា $Q = 0J$ ។

$$\text{តាមច្បាប់ទីមួយនៃម៉ូឌីណាមិច} : Q = W + \Delta U \quad \text{តែ} \quad Q = 0$$

$$\text{ដូចនេះ} : W = -\Delta U$$

២០. នៅលក្ខខណ្ឌ (STP) ឧស្ម័ន $2.2mol$ ត្រូវបានបង្រួមមាឌពី $50L$ ទៅ $10L$ តាមលំនាំអ៊ីសូទែម ។

ក. គណនាកម្មន្តដែលធ្វើលើឧស្ម័ន ។ គេឱ្យ: $\ln(0.2) = -1.61$ ។

ខ. គណនាកម្ដៅដែលភាយចេញពីឧស្ម័ន ។

២១. ម៉ាស៊ីនកម្ដៅមួយបានបំពេញកម្មន្ត $250J$ ក្នុងរយៈពេលដែលថាមពលក្នុងរបស់ម៉ាស៊ីនថយចុះ $500J$ ។ តើក្នុងលំនាំនេះកម្ដៅនៃប្រព័ន្ធមានតម្លៃប៉ុន្មាន?

២២. ចូរគណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ប្រព័ន្ធច្បាប់ទីមួយនៃម៉ូឌីណាមិចពេល:

ក. ប្រព័ន្ធស្រូបបរិមាណកម្ដៅ $2000J$ និងធ្វើកម្មន្ត $500J$ ។

ខ. ប្រព័ន្ធស្រូបបរិមាណកម្ដៅ $1200J$ និងទទួលកម្មន្ត $400J$ ។

គ. បរិមាណកម្ដៅ $300J$ ត្រូវបានបំភាយចេញពីប្រព័ន្ធនៅពេលមាឌថេរ ។

២៣. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធក្នុងករណីនីមួយៗខាងក្រោម:

- ក. ប្រព័ន្ធស្រូបកម្ដៅ $5kcal$ និងបំពេញកម្មន្ត $7200J$ ។
- ខ. ប្រព័ន្ធស្រូបកម្ដៅ $5kcal$ និងរងនូវកម្មន្ត $7200J$ ។
- គ. ប្រព័ន្ធខ្ពស់មានមាឌថេរ និងបំភាយកម្ដៅអស់ $4kcal$ ។

២៤. គេធ្វើកម្មន្ត $25kJ$ លើប្រព័ន្ធខ្ពស់ ។ ក្រោយមកកម្ដៅ $1.5kcal$ បានភាយចេញពីប្រព័ន្ធ ។ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង ។ ($1cal = 4.186J$)

២៥. ក្នុងប្រព័ន្ធទែម៉ូឌីណាមិចប្រព័ន្ធទទួលកម្មន្ត $200J$ និងទទួលកម្ដៅ $500J$ ។ រកបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង ។

២៦. ចូរគណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ប្រព័ន្ធ:

- ក. ប្រព័ន្ធស្រូបបរិមាណកម្ដៅ $500cal$ និងធ្វើកម្មន្ត $400J$ ។
- ខ. ប្រព័ន្ធស្រូបកម្ដៅ $300cal$ និងទទួលកម្មន្ត $420J$ ។
- គ. បរិមាណកម្ដៅ $1200cal$ ត្រូវបានភាយចេញពីប្រព័ន្ធនៅពេលមាឌថេរ ។ គេឲ្យ $1cal = 4.19J$

២៧. ចូរគណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ប្រព័ន្ធ:

- ក. ប្រព័ន្ធថ្វើកម្មន្ត $5.0J$ ខណៈវារីកអាដ្យាបាទិច ។
- ខ. ខណៈប្រព័ន្ធរួមអាដ្យាបាទិច កម្មន្ត $80J$ ត្រូវបានធ្វើលើខ្ពស់នៃ ។

២៨. ខ្ពស់មួយស្រូបយកកម្ដៅ $6.4kJ$ និងបំពេញកម្មន្ត $1200J$ ក្នុងពេលលំនាំនេះវាបានបញ្ចេញកម្ដៅទៅវិញ $2400J$ ។ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ខ្ពស់នៃ ។

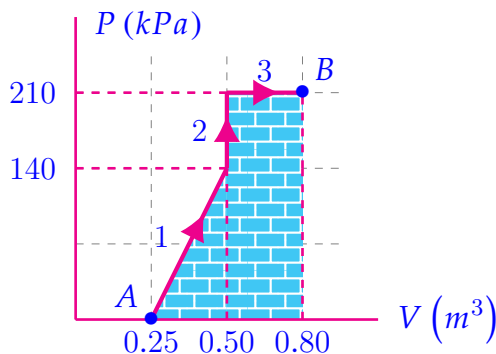
២៩. ខ្ពស់មួយមានមាឌ $10L$ ស្ថិតនៅក្រោមសម្ពាធ $2 \times 10^5 Pa$ និងសីតុណ្ហភាព $20^{\circ}C$ ។ ក្នុងលំនាំអ៊ីសូបារ ខ្ពស់នៃនោះបានស្រូបបរិមាណកម្ដៅ $5000J$ ហើយថាមពលក្នុងរបស់វាកើន $2000J$ ។ គណនា:

- ក. កម្មន្តដែលបានបំពេញដោយខ្ពស់នោះ ។
- ខ. មាឌនៃខ្ពស់នៅភាពស្រេច ។
- គ. សីតុណ្ហភាពស្រេចនៃខ្ពស់នោះ ។

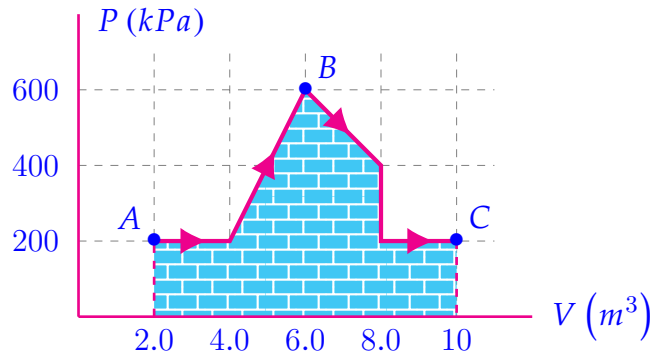
៣០. ក្នុងស៊ីឡាំងមួយមានខ្ពស់បរិសុទ្ធម៉ូណូអាតូម $0.5mol$ ។ គេធ្វើឲ្យខ្ពស់នេះរីកមាឌពី $5dm^3$ ទៅ $12.5dm^3$ តាមលំនាំអ៊ីសូទែម ។ គេដឹងថាកម្មន្តដែលបានធ្វើដោយខ្ពស់ ក្នុងរយៈពេលនៃដំណើរការគឺ $1142J$ ។ គេឲ្យ: $R = 8.31J/mol \cdot K$

- ក. គណនាសីតុណ្ហភាពនៃខ្ពស់ក្នុងពេលដំណើរការ ។
- ខ. គណនាថាមពលក្នុងនៃខ្ពស់នៅត្រង់ទីតាំងស្រេច ។
- គ. គណនាថាមពលកម្ដៅដែលស្រូបដោយប្រព័ន្ធក្នុងរយៈពេលនៃដំណើរការ ។

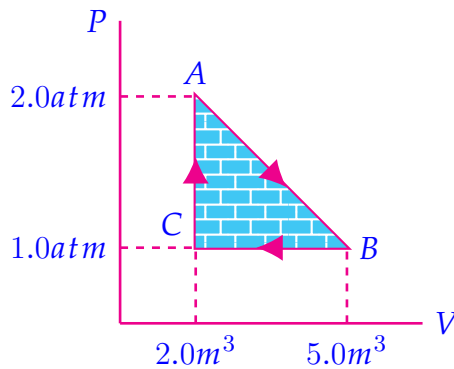
៣១. ចូរគណនាកម្មន្តតាមលំនាំនីមួយៗ និងកម្មន្តសរុបក្នុងដ្យាក្រាម $P - V$ ខាងក្រោម:



- ៣២. ក.** គណនាកម្មន្តដែលបានធ្វើដោយឧស្ម័នបរិសុទ្ធម៉ូណូអាតូម ដែលចេញពីចំណុច A ទៅចំណុច B ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងរូប។
- ខ.** បើសិនជានៅត្រង់ចំណុច A សីតុណ្ហភាពនៃឧស្ម័នមានតម្លៃ $267K$ ។ តើវាមានសីតុណ្ហភាពប៉ុន្មានពេលនៅត្រង់ចំណុច C ។
- គ.** តើបរិមាណកម្ដៅប៉ុន្មានដែលត្រូវបានស្រូប ឬបញ្ចេញពីឧស្ម័នក្នុងកំឡុងពេលដំណើរការនេះ ?

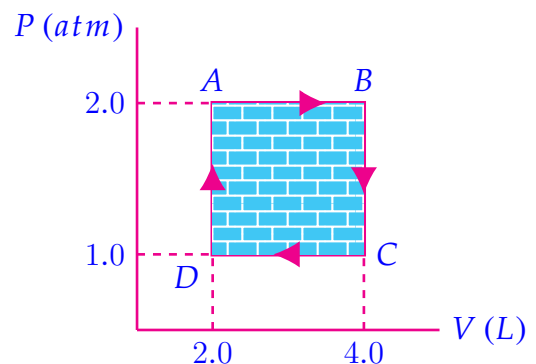


- ៣៣.** គណនាកម្មន្តសរុបក្នុងបម្លែងបិទ $ABCA$?



- ៣៤.** ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយធ្វើបម្លែងបិទពីភាព A រួចទៅភាព B រួចទៅភាព C ហើយទៅភាព D ទៀត។ ក្រោយត្រឡប់មកភាពដើមវិញដូចបង្ហាញក្នុងរូប។ ចូរគណនា:

- ក.** គណនាកម្មន្ត AB , BC , CD និង DA ។
- ខ.** កម្មន្តសរុបក្នុងបម្លែងបិទ។
- គ.** កម្ដៅដែលទទួលបានក្នុងបម្លែងបិទ។

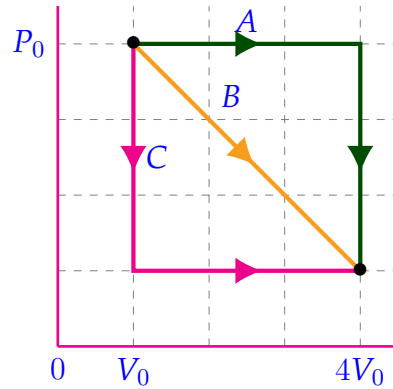


- ៣៥.** ឧស្ម័នមួយស្ថិតក្នុងស៊ីឡាំងបិទជិតដោយពីស្តុងដែលអាចផ្លាស់ទីដោយគ្មានកកិត និងស្ថិតក្រោមសម្ពាធបរិយាកាស។ នៅពេលដែលកម្ដៅ $254kcal$ ត្រូវបានផ្តល់ឲ្យឧស្ម័ន មានរបស់វាកើនឡើងពី $12.0m^3$ ទៅដល់ $16.2m^3$ ។
- ក.** គណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័ន។
- ខ.** គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន។

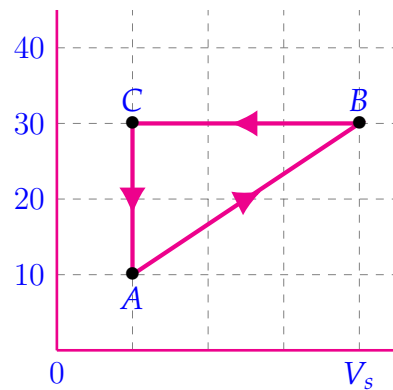
- ៣៦.** គេបញ្ចុះសីតុណ្ហភាពអេល្យូមដែលមានមាឌដើម $1.0m^3$ នៅសីតុណ្ហភាព $0^{\circ}C$ និងសម្ពាធថេរ $1.0atm$ រហូតដល់ត្រឹមមាឌ $0.75m^3$ ។ គណនាបរិមាណកម្ដៅ។

៣៧. ដូចបង្ហាញក្នុងរូប ឧស្ម័នរីកមាឌពី V_0 ទៅ $4V_0$ ហើយសម្ពាធច្យចុះពី P_0 ទៅ $P_0 = \frac{P_0}{4}$ ។ គេដឹងថា $V_0 = 1.0m^3$ ហើយ $P_0 = 40Pa$ ។ ចូរគណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័នប្រសិនបើសម្ពាធនិងមាឌឧស្ម័នប្រែប្រួល ។

- ក. តាមគន្លង (A) ។
- ខ. តាមគន្លង (B) ។
- គ. តាមគន្លង (C) ។



៣៨. ឧស្ម័នមួយនៅក្នុងធុង បិទ ជិត ដំណើរការក្នុងវដ្តដូចបង្ហាញក្នុងលើក្រាប $P - V$ ។ មាត្រដ្ឋានដេកកំណត់ឲ្យតម្លៃ $V_s = 4.0m^3$ និងមាត្រដ្ឋានឈរកំណត់ឲ្យសម្ពាធគិតជា (N/m^2) ។ គណនាថាមពលកម្ដៅក្នុងមួយដំណើរការពេញនៃវដ្ត ។



៣៩. គេធ្វើកម្មន្តលើប្រព័ន្ធមួយ $200J$ ហើយកម្ដៅ $70.0cal$ ត្រូវបានភាយចេញពីប្រព័ន្ធ ។ ដោយប្រើច្បាប់ទីមួយនៃម៉ូឌីណាមិច:

- ក. ទាញរកកម្មន្ត (W) ដោយបញ្ជាក់សញ្ញា និងពន្យល់ហេតុផល ។
- ខ. កំណត់សញ្ញា (Q) ព្រមទាំងពន្យល់ហេតុផល ។
- គ. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង (ΔU) ។ តើថាមពលក្នុងច្យចុះ ឬកើនឡើង?

៤០. ក. ពិស័រតំហាត់ប្រាណតាមបណ្តោយឆ្នេរសមុទ្រដោយបំពេញកម្មន្ត $4.3 \times 10^5 J$ និងបញ្ចេញកម្ដៅ $3.8 \times 10^5 J$ ។ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង ក្នុងខ្លួនពិស័រ ។

- ខ. បើនាងប្តូរពីរតមកដើរវិញ នោះនាងបញ្ចេញកម្ដៅអស់ $1.2 \times 10^5 J$ និងថាមពលក្នុងច្យចុះអស់ $2.6 \times 10^5 J$ ។ តើកំឡុងពេលដើរ ពិស័របំពេញកម្មន្តបានប៉ុន្មាន?

៤១. ក្នុងស៊ីឡាំងមួយមានឧស្ម័នបរិសុទ្ធម៉ូណូអាតូម $0.5mol$ នៅសីតុណ្ហភាព $310K$ ។

ដោយរក្សាសីតុណ្ហភាពថេរ ឧស្ម័នរីកមាឌពី $310dm^3$ រហូតដល់ $450dm^3$ ។ គេឲ្យ: $\ln(1.45) = 0.37$

- ក. គណនាកម្មន្តដែលប្រព័ន្ធបញ្ចេញ ។
- ខ. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ឧស្ម័ន ។
- គ. គណនា កម្ដៅ ស្រូប ដោយ ឧស្ម័ន ក្នុង ពេល បម្រែបម្រួលមាឌ ។

៤២. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធក្នុងករណីនីមួយៗ ដូចខាងក្រោម:

- ក. ប្រព័ន្ធស្រូបកម្ដៅ $500cal$ និងបញ្ចេញកម្មន្ត $400J$ ។
- ខ. ប្រព័ន្ធស្រូមកម្ដៅ $300cal$ និងរងកម្មន្ត $420J$ ។
- គ. ប្រព័ន្ធផ្ដាសមាឌមាឌមាឌថេរ និងបំភាយកម្ដៅអស់ $1200cal$ ។

៤៣. ឧស្ម័នក្នុងធុងមួយមានសម្ពាធដើម 1.50 atm និងមានមាឌ 4.00 m^3 ។ គណនាកម្មន្ត៖

ក. បើឧស្ម័នរីកមាឌពីរដងនៃមាឌដើម និងរក្សាសម្ពាធថេរ។

ខ. បើគេបង្កើនឧស្ម័នមក $\frac{1}{4}$ នៃមាឌដើម និងសម្ពាធថេរ។

៤៤. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយត្រូវបានបង្រួមដោយសម្ពាធថេរ 0.8 atm ពីមាឌ 9.0 L ទៅ 2.0 L ។ ក្នុងលំនាំនេះឧស្ម័នបញ្ចេញកម្ដៅ 400 J ។ គណនា៖

ក. កម្មន្តនៃដំណើរការរបស់ឧស្ម័ន។

ខ. បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ឧស្ម័ន។

៤៥. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមានសីតុណ្ហភាពដើម 300 K រងបម្លែងទែម៉ូឌីណាមិចតាមលំនាំអ៊ីសូបារពីមាឌ 1.00 m^3 ទៅ 3.00 m^3 នៅសម្ពាធដើម 2.50 kPa ។ កម្ដៅ 12.5 kJ ត្រូវបានស្រូបដោយឧស្ម័ន។

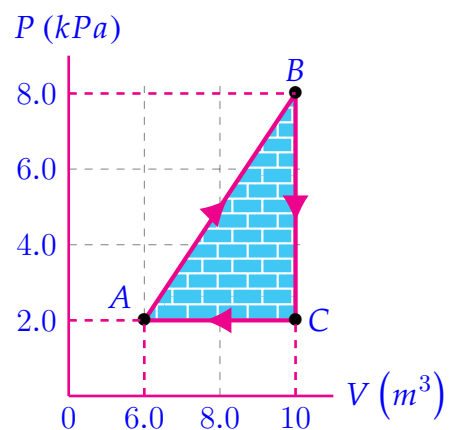
ក. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ឧស្ម័ន។

ខ. សីតុណ្ហភាពចុងក្រោយរបស់ឧស្ម័ន។

៤៦. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយត្រូវបានឆ្លងកាត់នៃវដ្តដំណើរការដូចរូប។

ក. គណនាថាមពលកម្ដៅសរុបក្នុងបម្លែងបិទ។

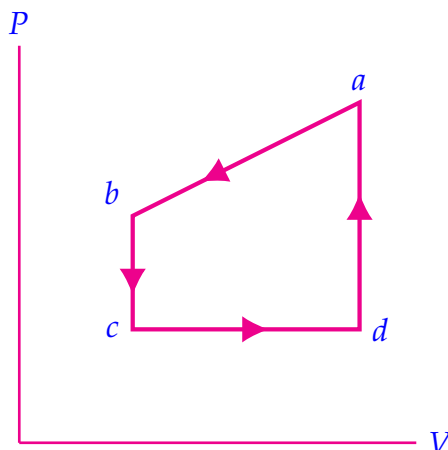
ខ. បើឧស្ម័នប្រព្រឹត្តក្នុងវដ្តបញ្ច្រាស $ACBA$ វិញ។
គណនាថាមពលកម្ដៅសរុបក្នុងវដ្តបញ្ច្រាស។



៤៧. ក្នុងរូបបង្ហាញពីវដ្តនៃឧស្ម័ន។ បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័នក្នុងលំនាំពី $a \rightarrow c$ តាមគន្លង abc គឺ -200 J ។ ថាមពល 180 J ត្រូវបានផ្តល់ជាកម្ដៅក្នុងលំនាំពី $c \rightarrow d$ ។

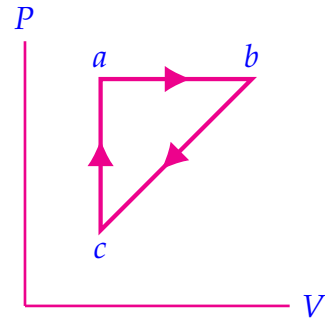
ម្យ៉ាងទៀតថាមពល 80 J ត្រូវបានផ្តល់ជាកម្ដៅក្នុងលំនាំពី $d \rightarrow a$ ។

ចូរគណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័នក្នុងលំនាំពី $c \rightarrow d$ ។



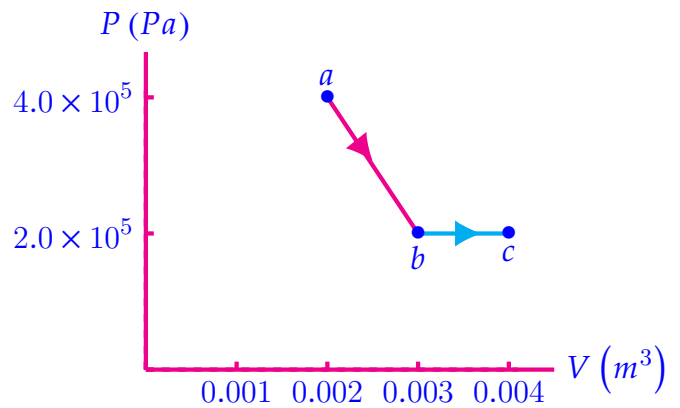
៤៨. ឧស្ម័នមួយត្រូវបានដាក់ឲ្យដំណើរការក្នុងវដ្ត $abca$ ដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម $(P - V)$ ។ កម្មន្តសរុបក្នុងបម្លែងបិទ គឺ $1.2J$ ។ ក្នុងលំនាំ ab បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងមានតម្លៃ $3.0J$ និងកម្មន្តបំពេញដោយឧស្ម័នគឺ $5.0J$ ។ ក្នុងលំនាំ ca ថាមពល $2.5J$ ត្រូវបានផ្តល់ជាកម្ដៅ ។ ចូរគណនាថាមពលកម្ដៅ:

- ក. ក្នុងលំនាំ ab ។
- ខ. ក្នុងលំនាំ bc ។



៤៩. កន្លះម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយត្រូវបានដំណើរការពីភាព a ទៅភាព c ដូចបង្ហាញក្នុងរូប ។

- ក. គណនាសីតុណ្ហភាពស្រេចនៃឧស្ម័ន ។
- ខ. គណនាកម្មន្តដែលបានធ្វើលើ ឬធ្វើដោយ ឧស្ម័ន ដែលចេញពីភាព a ទៅ c ។
- គ. តើកម្ដៅត្រូវបានភាយចេញពីប្រព័ន្ធ ឬស្រូបចូល ប្រព័ន្ធក្នុងដំណើរការនេះ? តើបរិមាណកម្ដៅមានតម្លៃប៉ុន្មាន? ចូរពន្យល់ ។



៥០. ពីរម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយត្រូវបានកំដៅក្រោមសម្ពាធចេរ ពី $27^{\circ}C$ ទៅ $107^{\circ}C$ ។

- ក. គូសដ្យាក្រាម $P - V$ សម្រាប់ដំណើរការនេះ ។
- ខ. គណនាកម្មន្តដែលបានធ្វើដោយឧស្ម័ន ។

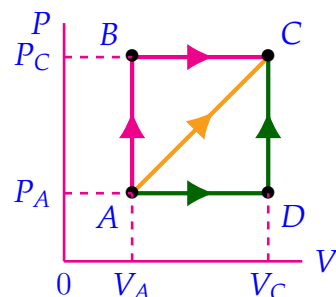
៥១. ប្រាំមួយម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយស្ថិតនៅក្នុងស៊ីឡាំងបិទជិតដោយពីស្តុងដែលអាចចល័តបាន ។ នៅភាពដើម សីតុណ្ហភាពរបស់ឧស្ម័នគឺ $27.0^{\circ}C$ និងស្ថិតក្រោមសម្ពាធចេរ ។ គណនាសីតុណ្ហភាពស្រេចនៃឧស្ម័នបន្ទាប់ពីវាបានធ្វើកម្មន្ត $1.75 \times 10^3 J$ ។

៥២. ពីរម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយត្រូវបានបង្រួមមាឌដោយដាក់ក្នុងស៊ីឡាំងមួយ ដោយរក្សាសីតុណ្ហភាពថេរ $85^{\circ}C$ រហូតដល់សម្ពាធដើមរបស់វាកើនឡើងបីដង ។

- ក. គូសដ្យាក្រាម $P - V$ សម្រាប់ដំណើរការនេះ ។
- ខ. គណនាកម្មន្តដែលបានបំពេញដោយឧស្ម័ន ។

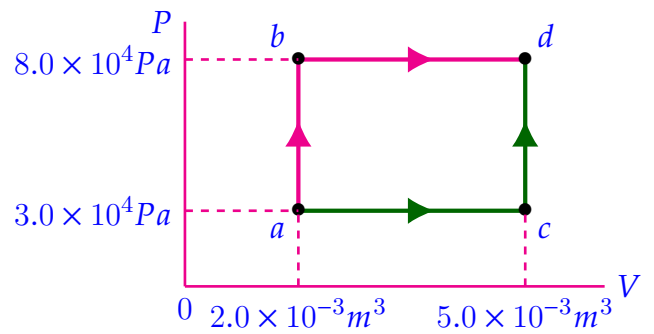
៥៣. ចូរសរសេរទំនាក់ទំនងកម្មន្តបំពេញដោយឧស្ម័នចេញពីភាព $(A) \rightarrow (C)$ (ក្នុងរូប) ក្នុងករណី:

- ក. ឧស្ម័នដំណើរការតាមគន្លង ADC ។
- ខ. ឧស្ម័នដំណើរការតាមគន្លង ABC ។
- គ. ឧស្ម័នដំណើរការតាមគន្លងត្រង់ AC ។

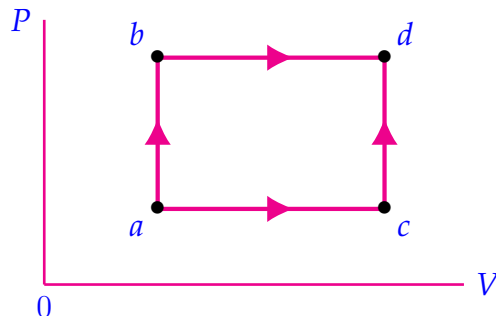


៥៤. តាមដ្យាក្រាមដូចរូប បង្ហាញពីដំណើរការនៃបម្លែងទែម៉ូឌីណាមិច ដែលគន្លង ab មានកម្ដៅ $150J$ ត្រូវបានស្រូបដោយប្រព័ន្ធ និងគន្លង bd មានកម្ដៅ $600J$ ត្រូវបានស្រូបដោយប្រព័ន្ធ។ គណនា:

- ក. បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង តាមគន្លង ab ។
- ខ. បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង តាមគន្លង abd ។
- គ. បរិមាណកម្ដៅសរុប តាមគន្លង acd ។



៥៥. ប្រព័ន្ធទែម៉ូឌីណាមិចមួយត្រូវបានដំណើរការពីភាព a ទៅភាព c ដូចបង្ហាញក្នុងរូប ដែលគន្លង abc ប្រព័ន្ធធ្វើកម្មន្ត $450J$ និង adc ប្រព័ន្ធធ្វើកម្មន្ត $120J$ ។ ថាមពលក្នុងតាមភាពនីមួយៗគឺ $U_a = 150J$, $U_b = 240J$, $U_c = 680J$ និង $U_d = 330J$ ។ គណនាបរិមាណកម្ដៅស្រូបតាមគន្លងទាំងបួនគឺ ab , bc , ad និង dc ។



៥៦. ពីរម៉ូលនៃឧស្ម័នម៉ូណូអាតូមមួយដំណើរការក្នុងស៊ីត (វដ្ត) abc ។ ដើម្បីបំពេញមួយស៊ីតនៃដំណើរការនេះ មាន $800J$ នៃថាមពលកម្ដៅត្រូវបានភាយចេញពីឧស្ម័ន ដែលដំណើរការ ab ស្ថិតក្រោមសម្ពាធចេរ និងដំណើរការ bc ស្ថិតក្រោមមាឌថេរ។ ត្រង់ភាព a និង b មានសីតុណ្ហភាព $T_a = 200K$ និង $T_b = 300K$ ។

- ក. គូសដ្យាក្រាម PV តាងដំណើរការនៃស៊ីតនេះ។
- ខ. គណនាកម្មន្តរបស់ដំណើរការ ca ។

៥៧. ក្នុងម៉ាស៊ីនម៉ាស៊ីតមួយ ខ្យល់ក្នុងស៊ីឡាំងប្រហែលស្ដង់ដាសម្ពាធនិងសីតុណ្ហភាព ត្រូវបានបណ្តែនដោយពីស្ដង់ទៅដល់ $1/6$ នៃមាឌដើម និងសម្ពាធប្រហែល $50atm$ ។ តើសីតុណ្ហភាពខ្យល់ដែលបានបណ្តែនស្មើនឹងប៉ុន្មាន?

៥៨. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង និងបម្រែបម្រួលសីតុណ្ហភាពសម្រាប់ពីរលំដាប់នៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធម៉ូណូអាតូម $1.0mol$ ៖

- ក. $1500J$ នៃកម្ដៅត្រូវបានផ្តល់ទៅឲ្យឧស្ម័ន និងឧស្ម័នមិនបានធ្វើកម្មន្ត ហើយក៏គ្មានកម្មន្តធ្វើមកលើប្រព័ន្ធដែរ។
- ខ. $1500J$ នៃកម្មន្តបានធ្វើមកលើឧស្ម័ន និងគ្មានកម្ដៅត្រូវបានផ្តល់ឲ្យ ឬយកចេញពីឧស្ម័នទេ។

៥៩. $500J$ នៃកម្ដៅត្រូវបានផ្តល់ទៅឲ្យ $2mol$ នៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធម៉ូណូអាតូម មានសីតុណ្ហភាពដើម $500K$ ខណៈដែលឧស្ម័នធ្វើកម្មន្ត $7500J$ ។ តើសីតុណ្ហភាពស្រេចនៃឧស្ម័នស្មើនឹងប៉ុន្មាន?

៦០. សីតុណ្ហភាព $5.0mol$ នៃឧស្ម័នអាកុនត្រូវបានថយពី $300K$ មក $250K$ ។

- ក. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន។
- ខ. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលស៊ីនេទិចមធ្យមនៃម៉ូលេគុល (អាតូម) អាកុន។

៦១. ក្នុងស្ថានភាពនីមួយៗដូចខាងក្រោម ចូររកបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធ៖

- ក. ប្រព័ន្ធនោះទទួលកម្ដៅ $500cal$ ហើយនៅពេលជាមួយគ្នានោះវាធ្វើកម្មន្ត $400J$ ។
- ខ. ប្រព័ន្ធនោះទទួលកម្ដៅ $300cal$ ហើយនៅពេលជាមួយគ្នានោះកម្មន្ត $420J$ បានធ្វើមកលើប្រព័ន្ធ ។
- គ. កម្ដៅ $1200cal$ ត្រូវបានដកចេញពីឧស្ម័ន គេឃើញមានឧស្ម័ន ។ គេឲ្យ: $1cal = 4.2J$

៦២. ក. ក្នុងលំនាំមួយ $600J$ នៃកម្ដៅត្រូវបានផ្តល់ទៅឲ្យប្រព័ន្ធខណៈដែលប្រព័ន្ធថ្វើកម្មន្តស្មើនឹង $9000J$ ។ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធ ។

- ខ. ក្នុងលំនាំមួយ $675J$ នៃកម្ដៅត្រូវបានស្រូបដោយប្រព័ន្ធមួយ ខណៈ $290J$ នៃកម្មន្តត្រូវបានធ្វើមកលើប្រព័ន្ធ ។ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធ ។

៦៣. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមានសីតុណ្ហភាពថេរ $T = 300K$ ក្នុងរយៈពេលបម្រែបម្រួលមានពី $V_1 = 0.31m^3$ ទៅ $V_2 = 0.45m^3$ គេដឹងថា ឧស្ម័នមាន $n = 0.5mol$ ។ គណនាកម្មន្តដែលបំពេញក្នុងពេលបម្រែបម្រួលមាននេះ ។ យក $\ln(0.31) = -0.17$; $\ln(0.45) = -0.79$; $\ln(1.45) = 0.37$

៦៤. គណនាមាឌស្រេចនៃមួយម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធនៅភាពងើមវាមានសីតុណ្ហភាព $0^{\circ}C$ និងសម្ពាធ $1.0atm$ ។ ប្រសិនបើវាស្រូប $2000cal$ នៃថាមពលកម្ដៅអំឡុងពេលវេស៊ីប៊ីកអ៊ីសូទែម ។ យក $1cal = 4.19J$; $e^{3.69} = 40$; $1.0atm = 1.013 \times 10^5 Pa$

៦៥. អំឡុងពេលបណ្តែនមាឌ ក្រោមសីតុណ្ហភាពថេរ $250Pa$ មាឌនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធនោះថយចុះពី $0.80m^3$ មក $0.20m^3$ ។ សីតុណ្ហភាពដើមរបស់វាគឺ $360K$ និងឧស្ម័នបាត់បង់កម្ដៅ $210J$ ។

- ក. តើបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័នស្មើនឹងប៉ុន្មាន ?
- ខ. គណនាសីតុណ្ហភាពស្រេចនៃឧស្ម័ន ។

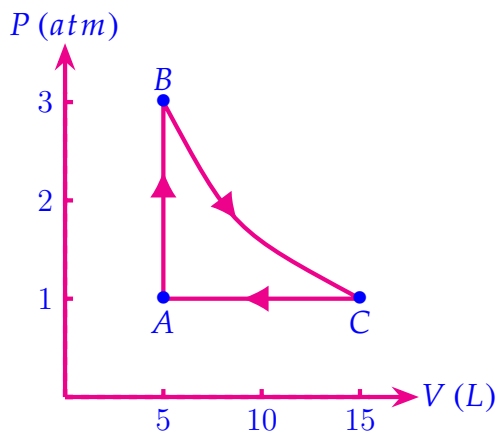
៦៦. បីម៉ូលនៃឧស្ម័នបរិសុទ្ធម៉ូណូអាតូមមួយស្ថិតក្រោមសីតុណ្ហភាព $345K$ ដោយ $2438J$ នៃកម្ដៅត្រូវបានផ្តល់ទៅឲ្យឧស្ម័ន និង $962J$ នៃកម្មន្តត្រូវបានធ្វើលើវា ។ តើសីតុណ្ហភាពស្រេចរបស់ឧស្ម័នមានតម្លៃប៉ុន្មាន ?

៦៧. ប្រព័ន្ធមួយឡើងកម្ដៅ $2780J$ នៅក្រោមសម្ពាធថេរ $1.26 \times 10^5 Pa$ និងថាមពលក្នុងរបស់វាកើនបាន $3990J$ ។ តើបម្រែបម្រួលមាឌនៃប្រព័ន្ធស្មើនឹងប៉ុន្មាន ហើយវាកើនឡើង ឬថយចុះ ?

៦៨. ប្រព័ន្ធមួយឡើងកម្ដៅ $1500J$ ខណៈដែលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធកើនបាន $4500J$ និងមាឌថយចុះបាន $0.010m^3$ ។ សន្មតថា សម្ពាធនៃប្រព័ន្ធថេរ ។ គណនាតម្លៃនៃសម្ពាធនោះ

៦៩. ឧស្ម័នគំរូម៉ូណូអាតូមមួយ ដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម PV ខាងក្រោម គឺនៅត្រង់ A មានសីតុណ្ហភាព $300K$ ។ គេឲ្យ: $R = 8.31J/mol \cdot K$

- ក. រកចំនួនម៉ូលរបស់ឧស្ម័នគំរូនេះ ។
- ខ. រកសីតុណ្ហភាពត្រង់ B , C និងមាឌត្រង់ C ។
- គ. តម្រូវចាត់ទុកថាយើងមានលំនាំពី $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$ និង $C \rightarrow A$ ។ ចូរដាក់ឈ្មោះឲ្យលំនាំនីមួយៗ ។
- ឃ. គណនាកម្មន្តសរុបនៃលំនាំ ។
គេឲ្យ: $\ln(0.005) = -5.29$
 $\ln(0.015) = -4.19$; $\ln(3) = 1.09$



៧០. ឧស្ម័នមួយស្ថិតក្រោមលំនាំពីរគឺ លំនាំទី១ មានចំងាយនៅ $0.200m^3$ និងសម្ពាធកើនពី $2.00 \times 10^5 Pa$ ទៅ $5.00 \times 10^5 Pa$ ។ លំនាំទី២ គឺបណ្តែនមានដល់ $0.120m^3$ នៅសម្ពាធចំងាយ $5.00 \times 10^5 Pa$ ។

ក. គូសដ្យាក្រាម PV បង្ហាញលំនាំទាំងពីរ។

ខ. គណនាកម្មន្តសរុបដែលធ្វើដោយឧស្ម័នក្នុងលំនាំទាំងពីរ។

៧១. សីតុណ្ហភាពនៃ $3mol$ របស់ឧស្ម័នបរិសុទ្ធម៉ូណូអាតូមមួយត្រូវបានកាត់បន្ថយពីសីតុណ្ហភាពពី $T_i = 540K$ មក $350K$ តាមវិធីពីរផ្សេងគ្នា។ វិធីទី១ កម្ដៅ $5500J$ ផ្តល់ទៅឲ្យឧស្ម័ន។ វិធីទី២ កម្ដៅ $1500J$ ផ្តល់ទៅឲ្យឧស្ម័ន។ ក្នុងករណីនីមួយៗ ចូរគណនា:

ក. បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន។

ខ. កម្មន្តសរុបធ្វើដោយឧស្ម័ន។

៧២. $2mol$ នៃឧស្ម័នម៉ូណូអាតូមអាក្រក់ (Ar) រីកតាមលំនាំអ៊ីសូទែមនៅសីតុណ្ហភាព $298K$ ពីមាឌដើម $V_i = 0.025m^3$ ទៅមាឌស្រេច $V_f = 0.050m^3$ ។ សន្មតថា អាក្រក់ជាឧស្ម័នបរិសុទ្ធ ចូរគណនា:

ក. កម្មន្តធ្វើដោយឧស្ម័ន។

ខ. បម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន។

គ. កម្ដៅដែលបានផ្តល់ឲ្យឧស្ម័ន។

៧៣. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយស្ថិតក្រោមលំនាំដែលបណ្តែនតាមអ៊ីសូទែមពីមាឌដើម $4.00m^3$ ទៅមាឌស្រេច $3.00m^3$ ។ គេដឹងថា ឧស្ម័នមាន $3.50mol$ និងសីតុណ្ហភាពរបស់វាគឺ $10.0^\circ C$ ។

ក. គណនាកម្មន្តធ្វើដោយឧស្ម័ន។

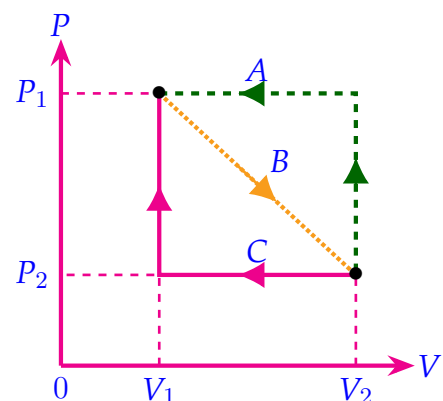
ខ. គណនាកម្ដៅដែលផ្តល់រវាងឧស្ម័ន និងមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ។

៧៤. ឧស្ម័នគំរូ (Sample) មួយរីកមាឌពី $V_1 = 1.0m^3$ និង $P_1 = 40Pa$ ទៅ $V_2 = 4.0m^3$ និង $P_2 = 10Pa$ តាមគន្លង B ដ្យាក្រាម $P - V$ ដូចក្នុងរូប។ វាបានបណ្តែនត្រឡប់មក V_1 វិញតាមគន្លង A ឬគន្លង C វិញ។

គណនាកម្មន្តសរុបដែលឧស្ម័នបានបំពេញ:

ក. តាមគន្លង BA។

ខ. តាមគន្លង BC។



៧៥. ស៊ីឡាំងនៃម៉ាស៊ីនមួយមានមុខកាត់ $A = 1.0dm^3$ ។ នៅភាពដើមឧស្ម័នមួយមានមាឌ $V_1 = 0.2dm^3$ ។ ក្រោមសម្ពាធចំងាយ $P = 7.5 \times 10^5 Pa$ ឧស្ម័នធ្វើកម្មន្តទៅលើពីស្តុងឲ្យផ្លាស់ទីបានចម្ងាយ $\Delta x = 0.4dm$ ។

ក. គណនាបម្រែបម្រួលមាឌក្នុងពេលដែលឧស្ម័នបំពេញកម្មន្ត។

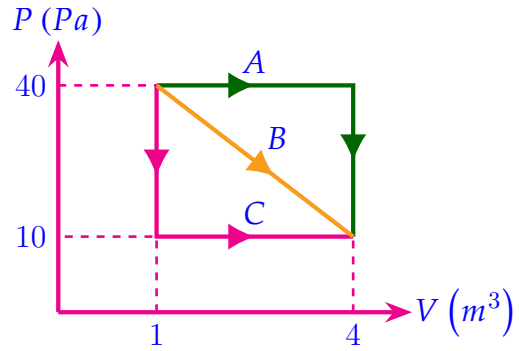
ខ. គណនាមាឌស្រេច។

គ. គណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័ន។

៧៦. ឧស្ម័នមួយរីកមាឌពី $300dm^3$ ទៅ $1000dm^3$ និងសម្ពាធកើនពី $20MPa$ ទៅដល់ $40MPa$ ។ គណនាកម្មន្តដែលបានបំពេញដោយឧស្ម័ន រួចគូសដ្យាក្រាម $P - V$ បញ្ជាក់បម្លែងនេះ។

៧៧. ឧស្ម័នគំរូមួយរីកមាឌពី $1m^3$ ទៅ $4m^3$ នៅពេលដែលសម្ពាធជាថយចុះពី $40Pa$ ទៅ $10Pa$ ។ គណនាកម្មន្តបំពេញដោយឧស្ម័នតាមគន្លងនីមួយៗដូចបង្ហាញក្នុងរូប៖

- ក. គន្លង A
- ខ. គន្លង B
- គ. គន្លង C



៧៨. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $2mol$ នៅសីតុណ្ហភាព $0^{\circ}C$ ត្រូវបានធ្វើបម្លែងអ៊ីសូទែមពីមាឌ $V_A = 5L$ ទៅ $V_B = 10L$ រួចកម្ដៅដោយមាឌថេររហូតសម្ពាធចុះអស់ពាក់កណ្តាលបន្ទាប់មកបណ្តែតតាមលំនាំអ៊ីសូបាររហូតដល់មាឌ $5L$ វិញធ្វើឲ្យឧស្ម័នទៅដល់សីតុណ្ហភាពដើមវិញដោយមាឌថេរ។

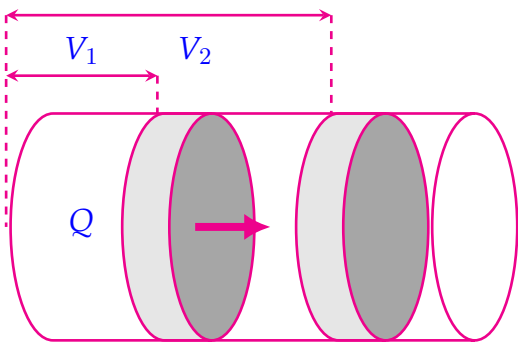
- ក. តាមដ្យាក្រាម PV គូសខ្សែកោងតាងលំនាំបួននៃបម្រែបម្រួលភាពនៃឧស្ម័ននេះ។
- ខ. គណនាសម្ពាធត្រង់ភាព A និង B ។ គេឲ្យ: $R = 8.31J/mol \cdot K$
- គ. គណនាកម្មន្តដែលឧស្ម័នបានបំពេញក្នុងបម្លែងបិទនេះ។

៧៩. ក្នុងស៊ីឡាំងមួយមានឧស្ម័នបរិសុទ្ធ $1.5mol$ នៅសីតុណ្ហភាព $37^{\circ}C$ ។ ដោយរក្សាសីតុណ្ហភាពដដែលឧស្ម័នបានរីកមាឌពី $450dm^3$ ទៅ $600dm^3$ ។

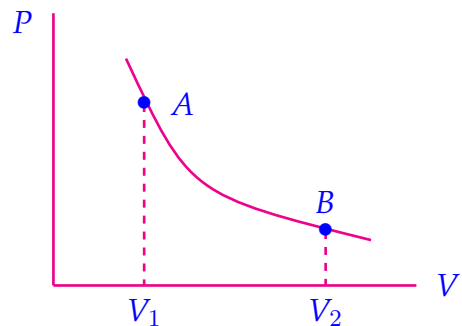
- ក. គណនាកម្មន្តដែលបំពេញក្នុងរយៈពេលបម្រែបម្រួលមាឌ។ គេឲ្យ: $R = 8.31J/mol \cdot K$
- ខ. គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃឧស្ម័ន។
- គ. រកកម្ដៅដែលស្រូបដោយប្រព័ន្ធក្នុងរយៈពេលបម្រែបម្រួលមាឌ។

៨០. នៅក្នុងស៊ីឡាំងដែលមានពីស្តុងចល័តគេដាក់ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមាន $nmol$ ។ គេផ្តល់កម្ដៅ Q ឲ្យប្រព័ន្ធ ឧស្ម័នបានរីកមាឌពី V_1 ទៅ V_2 ដោយរក្សាសីតុណ្ហភាព T ដដែលដូចរូប។ កម្មន្តដែលបានបំពេញដោយប្រព័ន្ធក្នុងពេលរីកមាឌនេះគឺ $500J$ ។

- ក. តើបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងនៃប្រព័ន្ធមានតម្លៃប៉ុន្មាន?
- ខ. គណនាកម្ដៅដែលផ្តល់ឲ្យប្រព័ន្ធ។



(ក). ស៊ីឡាំង



(ខ). ដ្យាក្រាម P - V

៨១. គេបញ្ចុះសីតុណ្ហភាពអេល្យូមដែលមានមាឌដើម $1.0m^3$ នៅសីតុណ្ហភាព $0^{\circ}C$ និងសម្ពាធថេរ $1.0atm$ រហូតដល់ត្រឹម $0.75m^3$ ។ គណនាបរិមាណកម្ដៅភាយចេញ។

៨២. ទឹកដែលមានម៉ាស់ $1kg$ នៅសីតុណ្ហភាព $100^{\circ}C$ មានមាឌប្រហែល $1 \times 10^{-3}m^3$ ។ ក្នុងដំណើរការមួយគេដឹងថា ចំហាយទឹកនៅ ពេលកម្ដៅនៅសីតុណ្ហភាពនេះ និងសម្ពាធបរិយាកាសគំរូមានមាឌ $1.671m^3$ ។

ក. គណនាកម្មន្តដែលបានធ្វើដើម្បីបញ្ជូនកម្ដៅទៅបរិយាកាសវិញ ។

ខ. គណនាកំណើនថាមពលក្នុងពេលអង្គធាតុរាវផ្លាស់ប្តូរភាពទៅជាចំហាយទឹក បើចំហាយទឹកមានកម្ដៅឡាតង់ $L = 540kcal/kg$ ។

៨៣. មួយក្រាមនៃទឹក ($1cm^3$) ក្លាយជាចំហាយទឹក $1671cm^3$ ពេលវាពុះក្រោមសីតុណ្ហភាពថេរ $1atm$ ($1.013 \times 10^5 Pa$) ។ កម្ដៅឡាតង់នៃចំហាយទឹកគឺ $L_V = 2.256 \times 10^6 J/kg$ ។ ចូរគណនាៈ

ក. កម្មន្តដែលបានធ្វើដោយចំហាយទឹក ។

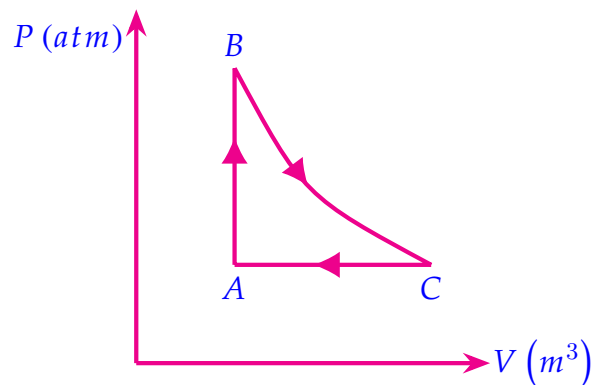
ខ. កំណើនថាមពលក្នុងរបស់វា ។

៨៤. គេមានឧស្ម័នអេល្យូម $1.00kmol$ ឆ្លងកាត់វដ្តនៃដំណើរការម៉ាស៊ីនមួយដែលបង្ហាញតាមដ្យាក្រាមដូចរូប ។ BC គឺជាលំនាំអ៊ីសូទែម និង $P_A = 1.00atm$, $V_A = 22.4m^3$, $P_B = 2.00atm$ ។

គេចាត់ទុកឧស្ម័ននេះជាឧស្ម័នបរិសុទ្ធ ។

ក. គណនាសីតុណ្ហភាព T_A , T_B និងមាឌ V_C ។

ខ. គណនាកម្មន្តដែលផ្តល់ឲ្យមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ ។

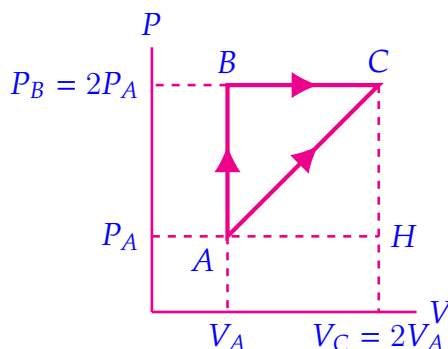


៨៥. ឧស្ម័នម៉ូណូអាតូម $nk mol$ មានដំណើរការស៊ីស្តាទិចពីភាព A ទៅភាព C តាមផ្លូវត្រង់ដូចបង្ហាញក្នុងរូប ។

ក. គណនាកម្មន្តដែលបានបំពេញដោយឧស្ម័ន កំណើនថាមពលក្នុង និងកម្ដៅដែលត្រូវផ្តល់ឲ្យឧស្ម័នជាអនុគមន៍នៃ P_A និង V_A ក្នុងដំណើរការនេះ ។

ខ. គណនាកម្មន្តដែលបានបំពេញដោយឧស្ម័ន កំណើនថាមពលក្នុង និងកម្ដៅដែលត្រូវផ្តល់ឲ្យឧស្ម័នជាអនុគមន៍នៃ P_A និង V_A បើសិនឧស្ម័នដំណើរការតាមលំនាំកាស៊ីស្តាទិចពីភាព A ទៅភាព C តាមផ្លូវ ABC ។

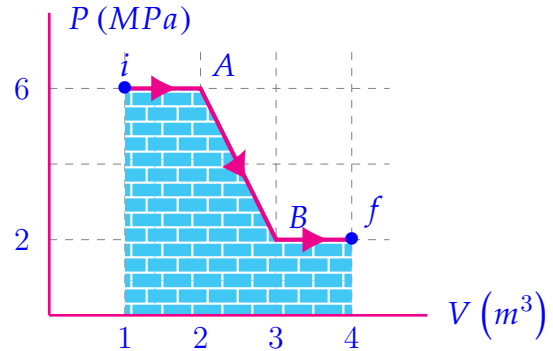
គ. ចូរបង្ហាញពីលក្ខណៈដូចគ្នា និងលក្ខណៈខុសគ្នារវាងចម្លើយក្នុងសំណួរ “ក” និង សំណួរ “ខ” ។



៨៦. ប្រព័ន្ធទែម៉ូឌុលអាមិចមួយ ប្រព្រឹត្តិទៅក្នុងលំនាំមួយដែលធ្វើឲ្យថាមពលក្នុងថយចុះ $500J$ ពេលគេផ្តល់កម្មន្ត $220J$ ដល់ប្រព័ន្ធ ។ គណនាថាមពលកម្ដៅដែលបញ្ជូន ។

៨៧. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយត្រូវបានដាក់ក្នុងស៊ីឡាំងបិទជិតដោយពិស្តុងដែលអាចចល័តបាន។ ពិស្តុងមានម៉ាស់ m និងមុខកាត់ A អាចចល័ត ចុះឡើងដោយសេរី និងរក្សាមាឌថេរជានិច្ច។ គណនាកម្មន្តដែលត្រូវការដើម្បីតម្លើងឧស្ម័នចំនួន n ម៉ូលពីសីតុណ្ហភាព $T_1 \rightarrow T_2$ ។

៨៨. គណនាកម្មន្តដែលធ្វើលើឧស្ម័នដើម្បីពង្រីកមាឌពីភាព i ដល់ភាព f ដូចរូប។ គណនាកម្មន្តដែលត្រូវការដើម្បីបង្រួមមាឌឧស្ម័នពីភាព f ដល់ភាព i ។



៨៩. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយត្រូវបានដាក់ក្នុងស៊ីឡាំងបិទជិតដោយពិស្តុងដែលអាចចល័តបានដាក់គ្របផ្នែកលើ។ ពិស្តុងអាចចល័តឡើងចុះដោយសេរីដោយរក្សាសម្ពាធថេរជានិច្ច។ គណនាកម្មន្តដែលត្រូវធ្វើដើម្បីតម្លើងសីតុណ្ហភាពឧស្ម័នដែលមានចំនួន 0.20mol ពី $20.0^\circ\text{C} \rightarrow 300^\circ\text{C}$ ។

៩០. ប្រព័ន្ធច្រាស់បរិសុទ្ធមួយមូលបញ្ចេញថាមពល 3000J ទៅមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញតាមលំនាំអ៊ីសូទែមដល់សម្ពាធចុងក្រោយ 1.00atm និងមាឌ 25.0L ។ គណនាមាឌដើមនៃឧស្ម័ន និងសីតុណ្ហភាពនៃឧស្ម័ន។

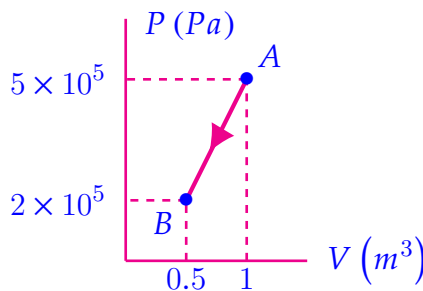
៩១. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយមានសីតុណ្ហភាពដើម 300K មានបម្លែងទែម៉ូឌីណាមិចតាមលំនាំអ៊ីសូបារនៅសម្ពាធដើម 2.5kPa ។ បើមាឌកើនឡើងពី 1.00m^3 ដល់ 3.00m^3 និងមានថាមពល 12.5kJ ត្រូវបានបញ្ជូនទៅឲ្យឧស្ម័នដោយកម្ដៅ។ ចូរគណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុង និងសីតុណ្ហភាពចុងក្រោយ។

៩២. គេបង្កើនឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយម៉ូលដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម $P - V$ (មើលរូប) ។

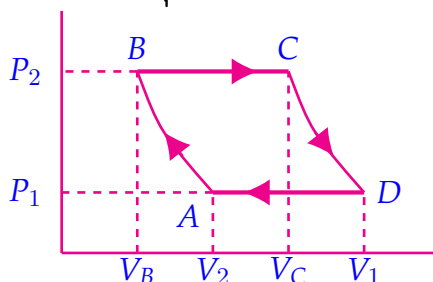
ក. តើកម្មន្តដែលធ្វើឡើងដោយឧស្ម័ន វិជ្ជមាន អវិជ្ជមាន ឬសូន្យ?

ខ. តើកម្មន្តដែលធ្វើឡើងដោយឧស្ម័ន មានតម្លៃប៉ុន្មាន?

គ. តើបម្រែបម្រួលសីតុណ្ហភាពរបស់ឧស្ម័នស្មើប៉ុន្មាន?



៩៣. ឧស្ម័នបរិសុទ្ធមួយត្រូវបានជញ្ជូនឆ្លងតាមវដ្តទែម៉ូឌីណាមិចតាមលំនាំអ៊ីសូបារពីរ និងលំនាំអ៊ីសូទែមពីរដូចបង្ហាញក្នុងរូប។ គណនាកម្មន្តដែលបំពេញដោយឧស្ម័នក្នុងមួយវដ្តពេញ។



បេរៀនទី ៣ ម៉ាស៊ីន

១ លំនាំអាដ្យាបាទិច

និយមន័យ

លំនាំអាដ្យាបាទិច ជាលំនាំដែលថាមពលកម្ដៅមិនប្តូរជាមួយមជ្ឈដ្ឋានក្រៅ (មិនស្រូប និងមិនបញ្ចេញកម្ដៅ) ឬមានតម្លៃថេរជានិច្ច ($Q = 0$) ។ តាមច្បាប់ទីមួយនៃម៉ូឌីណាមិចយើងបាន: $W = -\Delta U$ ។

ឧទាហរណ៍

១. កាលណាខ្សែត្រូវបានបណ្តែនតាមបែបអាដ្យាបាទិច កម្មន្តបានធ្វើទៅលើខ្សែនោះគឺ $640J$ ។ គណនាបម្រែបម្រួលថាមពលក្នុងរបស់ខ្សែនេះ ។
២. ក្នុងប្រព័ន្ធត្រមោចមួយ បើថាមពលក្នុងថយចុះ $500J$ តើកម្មន្តដែលបំពេញដោយប្រព័ន្ធនោះស្មើនឹងប៉ុន្មាន ?

២ ស៊ីចកាកណ្តា

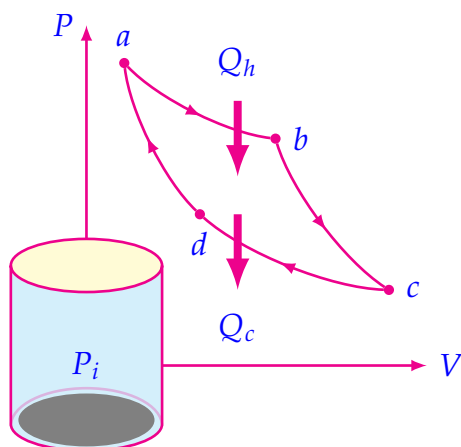
ក ស៊ីចកាកណ្តា

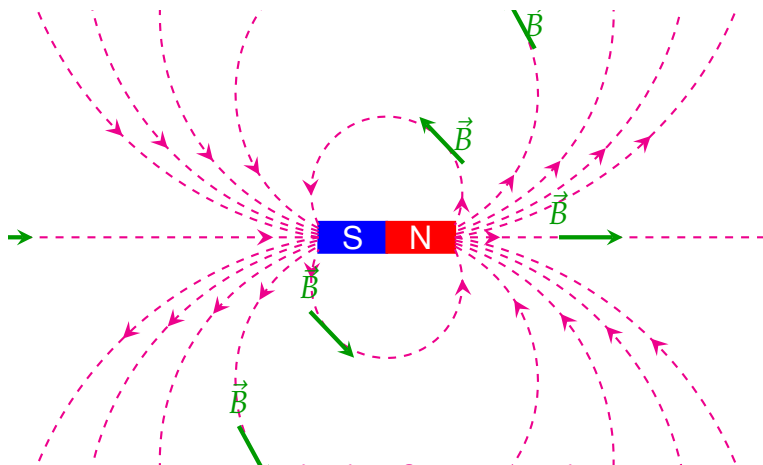
និយមន័យ

ស៊ីចកាកណ្តា: ស៊ីចកាកណ្តាជាលំនាំវេវេស៊ីប នៃម៉ាស៊ីនប្រើកម្ដៅដែលផ្ដើមគំនិតដោយលោក **សាឌីកាណូ** ។

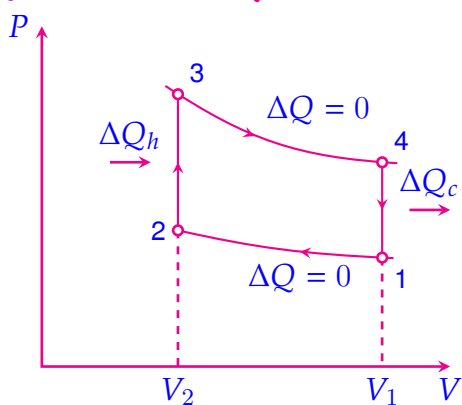
ស៊ីចកាកណ្តា មានបួនដំណាក់កាល:

- **ដំណាក់កាលទី១:** ខ្សែស្រូបកម្ដៅតាមលំនាំអ៊ីសូទែម ។ ខ្សែនរីកមាឌ និងមានសម្ពាធច្យចុះ ។
- **ដំណាក់កាលទី២:** ខ្សែនបន្តរីកមាឌ និងថយចុះសម្ពាធតាមលំនាំអាដ្យាបាទិច ។
- **ដំណាក់កាលទី៣:** ខ្សែនបញ្ចេញកម្ដៅ ពិស្តងធ្លាក់ចុះសង្កត់ខ្សែន ។ ខ្សែនរួមមាឌតាមលំនាំអ៊ីសូទែម ។
- **ដំណាក់កាលទី៤:** ខ្សែនត្រូវបានបណ្តែនតាមលំនាំអាដ្យាបាទិចរហូតដល់ភាពដើមវិញ ។

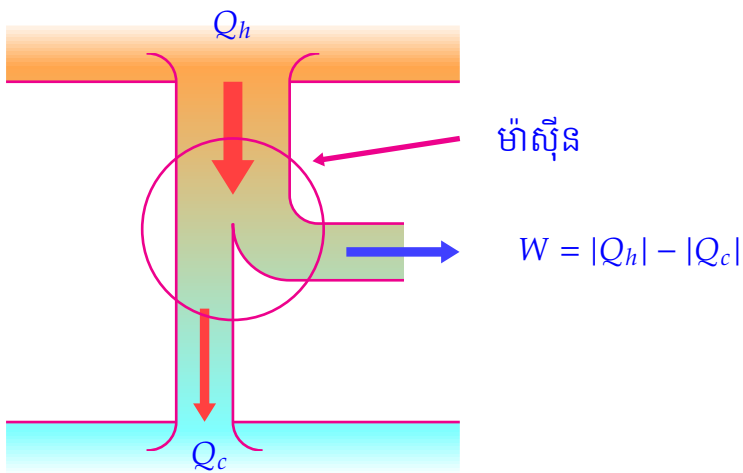




រូបភាព ១. ខ្សែដែនជុំវិញរបារមេដែក



ធុងក្ដៅ T_h



ធុងត្រជាក់ T_c

រូបភាព ២. គំនូសការបម្លែងថាមពលកម្ដៅ

