GOVERNMENT OF ANDHRA PRADESH
COMMISSIONERATE OF COLLEGIATE EDUCATION

జౌల్-థామ్సన్ ప్రభావం

Subject: Chemistry

Winnie Teja D. M.Sc
SKR&SKR Govt. Degree College (W), Kadapa
Email. Id : winnie.teja35@gmail.com

అభ్యసన లక్ష్యాలు

1. జౌల్-థామ్సన్ ప్రభావం (Joule-Thomson Effect)
2. జౌల్-థామ్సన్ ప్రయోగం(Joule-Thomson Experiment)
3. జౌల్-థామ్సన్ గుణకం(Joule-Thomson Coefficient)
4. విలోమ ఉష్ణోగ్రత(Inversion Temperature)

1. జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం (Joule–Thomson Effect)

"అధిక పీడనం ఉన్న ప్రాంతం నుండి చాలా తక్కువ పీడన ప్రాంతానికి ఒక వాయువు స్థిరోష్ణక వ్యాకోచం చెందినప్పుడు జరిగే ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పును **జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం (Joule–Thomson Effect)** అంటారు".

- జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావాన్ని వాయువుల స్థిరోష్ణక వ్యాకోచం (adiabatic expansion) అని కూడా అంటారు.

- ఒక వాయువును ఎక్కువ పీడనమున్న ప్రాంతం నుంచి చాలా తక్కువ పీడనమున్న ప్రాంతానికి వ్యాకోచించేటట్లు చేస్తే వాయువు చల్లగా అవుతుందన్నవిషయం జౌల్–థామ్సన్ లు కనుక్కున్నారు.

1. జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం (Joule–Thomson Effect)

- వాయువును సుమారు 200 అట్మాస్ఫియర్ల పీడనాన్ని ఉపయోగించి సంపీడ్యపరచి ఒక చిన్న రంధ్రం ద్వారా స్వల్పపీడనం ఉన్న ప్రాంతంలోకి ప్రసరించేట్లు చేస్తే వాయువు వ్యాకోచం చెందటం తోపాటు దాని ఉష్ణోగ్రత కూడా తగ్గుతుంది.

- చల్లగా అవ్వడానికి కారణం వాయువు కొంత శక్తిని పోగొట్టుకోవడమే.

- హెచ్చుపీడనంలో అణువులు దగ్గరగా ఉండడం వల్ల వాటి మధ్య ఆకర్షణ బలాలు ఉంటాయి.

- వాయువు వ్యాకోచం చెందినపుడు అణువుల మధ్య దూరం పెరగాలి. దానికి అణువుల మధ్య ఉన్న ఆకర్షణ బలాలను అతిక్రమించాలి.

1. జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం (Joule–Thomson Effect)

- దీనికి కొంత పని జరగవలసి ఉంటుంది. ఈ పనికి కావాల్సిన శక్తి వాయువు గతిజశక్తి (kinetic energy) నుంచే రావాలి.

- గతిజశక్తి ఉష్ణోగ్రతకు అనులోమానుపాతంలో ఉంటుంది.

- కాబట్టి వాయువు గతిజశక్తిని నష్టపోయినప్పుడు దాని ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది. దీన్ని **జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం** అంటారు.

- జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావంను ఆదర్శ వాయువులు ప్రదర్శించవు.

1. జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం (Joule–Thomson Effect)

- తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల వద్ద జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం ఎక్కువ.
- ఈ ప్రక్రియలో వ్యవస్థ యొక్క ఎంథాల్పి స్థిరంగా ఉంటుంది.

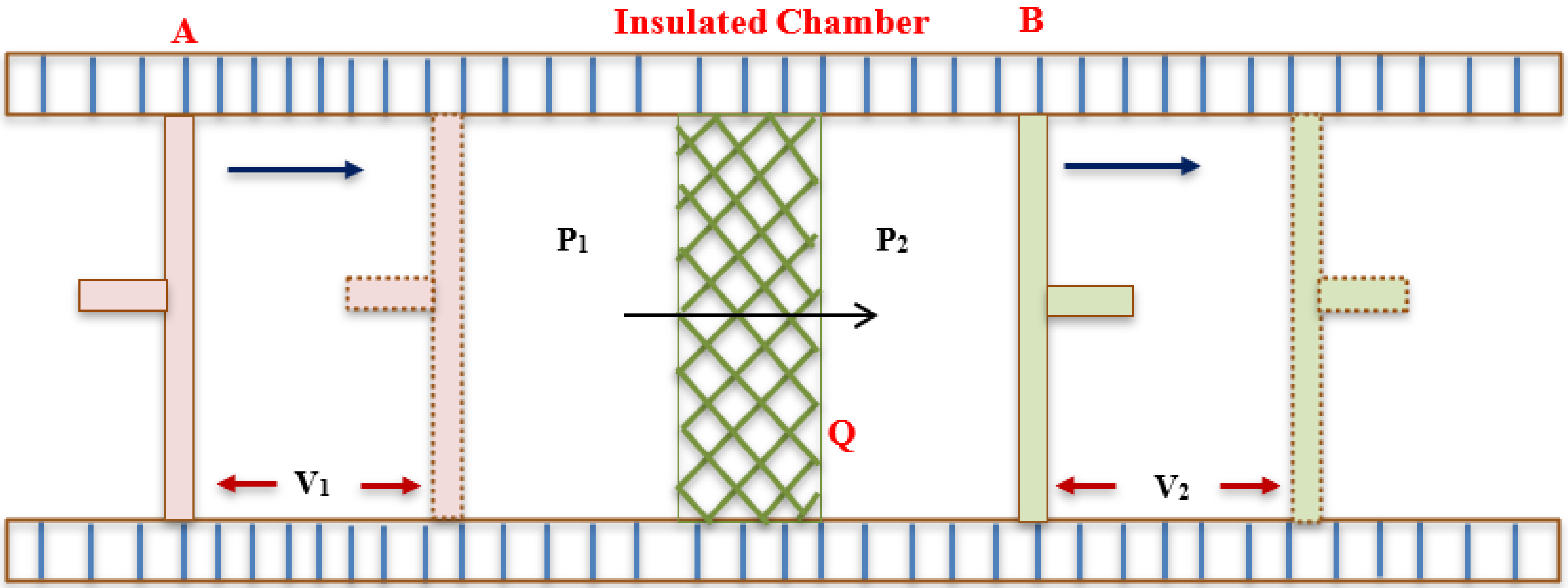
ఈ ఫలితం లో ఉష్ణోగ్రత తగ్గుదలను కింది సమీకరణం తెలుపుతుంది

$$T_1 - T_2 = 0.276\left[\frac{273}{T_1}\right]^2 (P_1 - P_2)$$

P_1, T_1 లు ప్రారంభ పీడన ఉష్ణోగ్రతలు. P_2, T_2 లు వ్యాకోచం చెందిన తరువాత పీడన ఉష్ణోగ్రతలు. దీన్నిబట్టి పీడనాలలోని భేదం ఎంత ఎక్కువ ఉంటే ఉష్ణోగ్రతల్లో తగ్గుదల అంత ఎక్కువగా ఉంటుందని వెల్లడవుతుంది. అంతేగాక ఈ ప్రక్రియ ఎంత ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత (T_1) వద్ద జరిగితే అంతిమ ఉష్ణోగ్రత (T_2) అంత తక్కువగా ఉంటుంది.

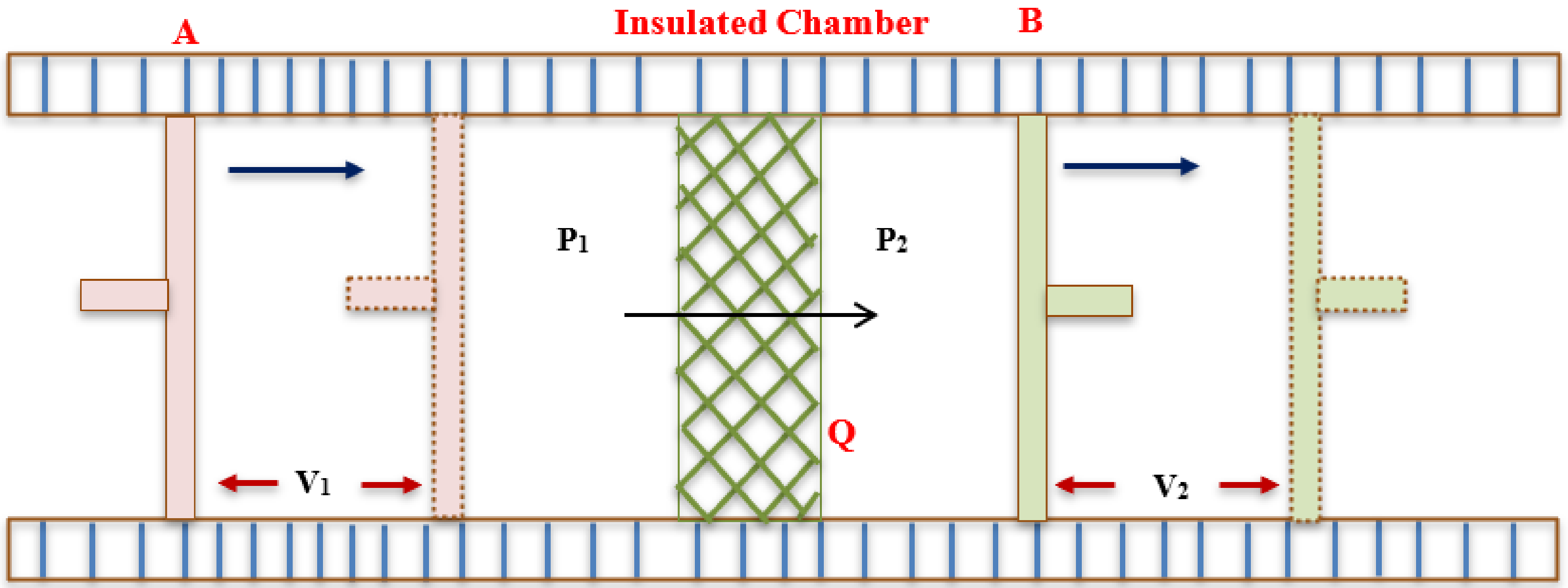
2. జౌల్ –థామ్సన్ ప్రయోగం (Joule Thomson Experiment)

❖ స్థిరోష్ణక స్థితిలో వాయువు వ్యాకోచం చెందినప్పుడు ఉష్ణోగ్రతలోని మార్పును కొలవడానికి జౌల్ మరియు థామ్సన్ ఉపయోగించిన పరికరం క్రింద చూపిన విధంగా చిత్రంలో క్రమపద్ధతిలో వివరించబడింది.



Joule-Thomson experiment (expansion of a real gas through a porous plug)

2. జౌల్–థామ్సన్ ప్రయోగం (Joule Thomson Experiment)



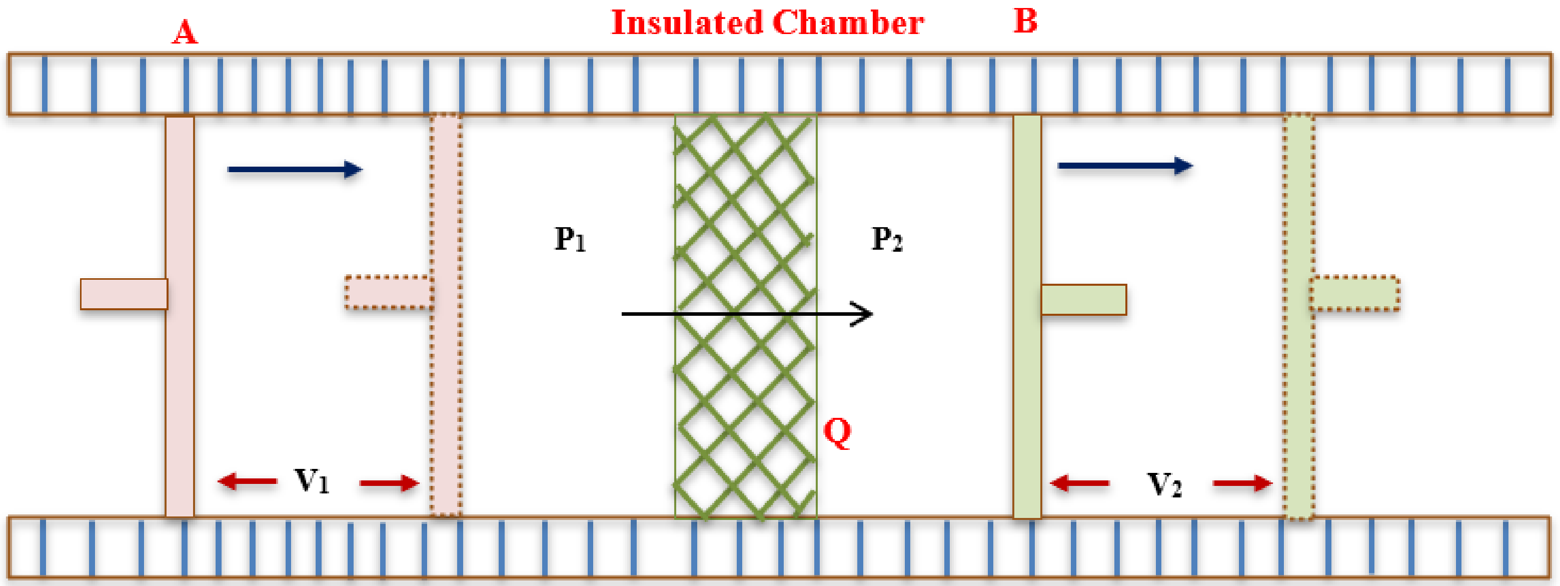
Joule-Thomson experiment (expansion of a real gas through a porous plug)

❖ఒక నాళికలో సచ్ఛిద్ర ప్లగ్ (porous plug) **Q** అమర్చి ఉంటుంది.

❖నాళికను A, B అను రెండు భాగాలుగా ప్లగ్ విభజిస్తుంది.

❖ఈ భాగాలలో వాయువు వేరు వేరు పీడనాల తో లోబడి ఉంటుంది. ప్లగ్ యొక్క ఎడమ వైపు పీడనం P_1 మరియు కుడి వైపు పీడనం P_2 గా ఉంటుంది. $P_1 > P_2$ అనుకుందాం.

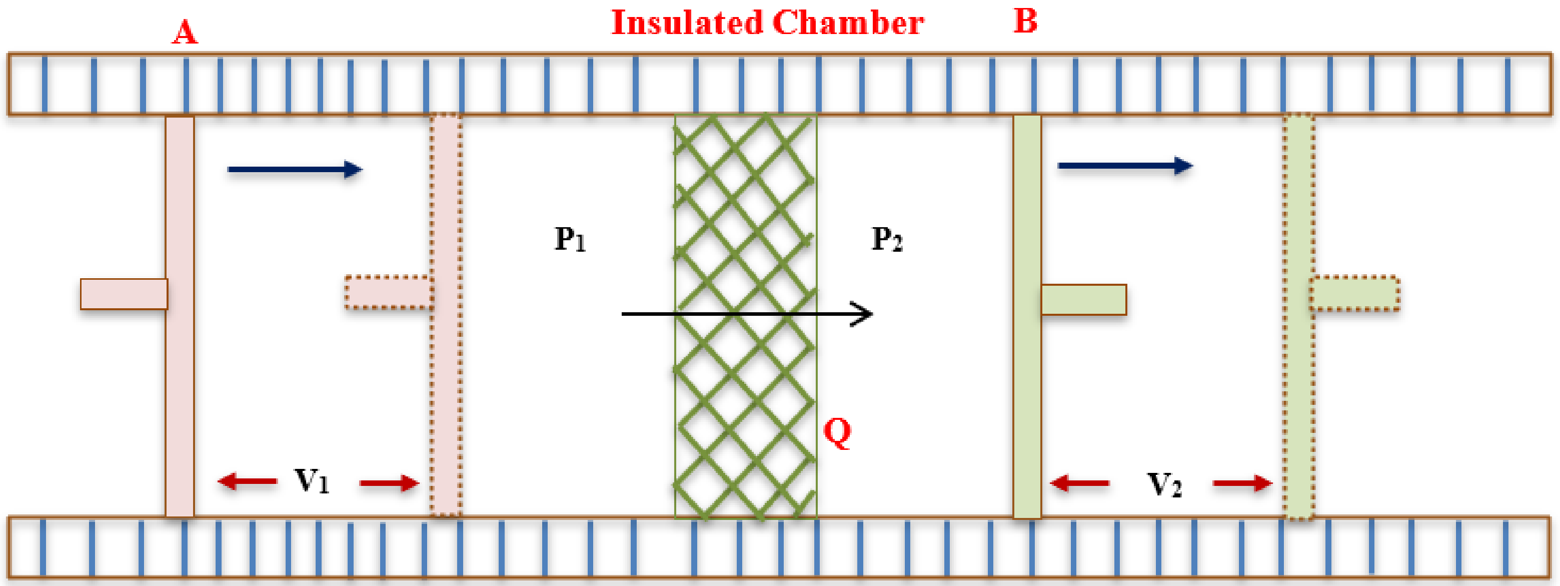
2. జౌల్ –థామ్సన్ ప్రయోగం (Joule Thomson Experiment)



Joule-Thomson experiment (expansion of a real gas through a porous plug)

- ఈ పరికరంలోని భాగాలన్నీ ఉష్ణ బంధక ద్రవ్యాలతో నిర్మితమై ఉంటాయి.
- ఈ కారణంగా ప్రక్రియలు స్థిరోష్ణక పద్ధతిలో జరుగుతాయి.
- ఉష్ణరాశి పరికరం లోకి వెళ్లదు. పరికరం నుంచి బహిర్గతం కాదు.

2. జౌల్–థామ్సన్ ప్రయోగం (Joule Thomson Experiment)



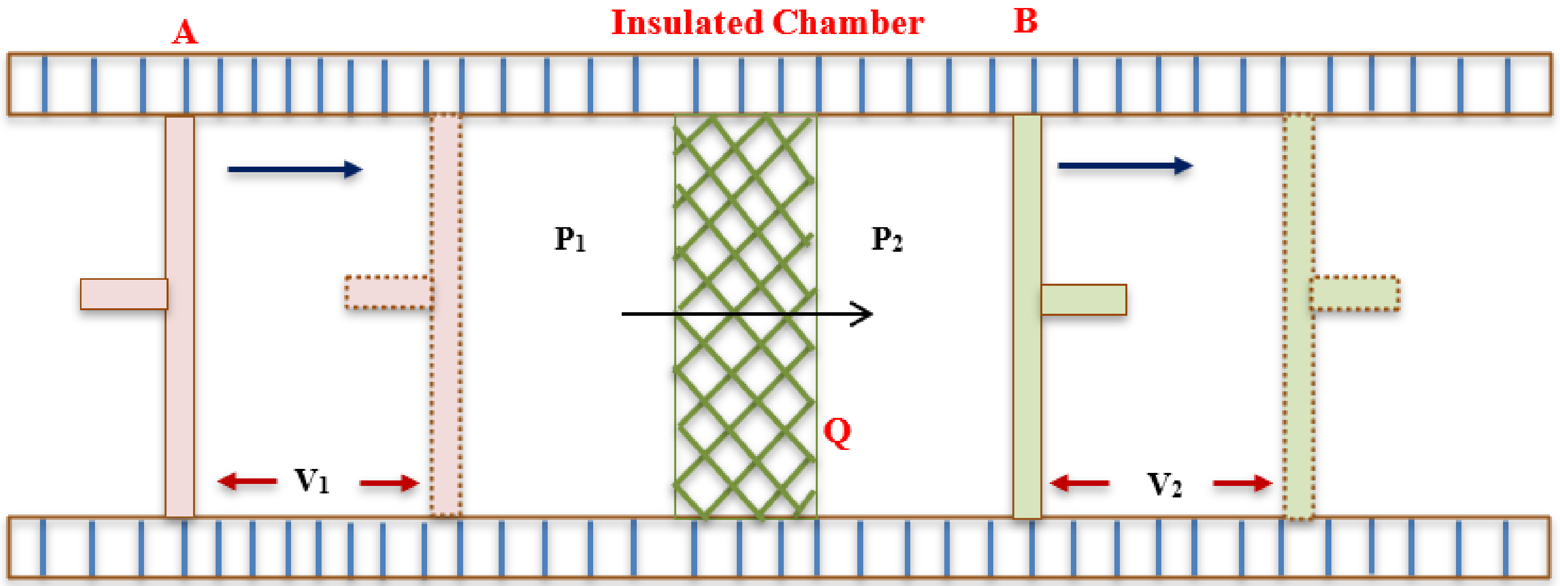
Joule-Thomson experiment (expansion of a real gas through a porous plug)

- పీడనం స్థిరంగా ఉండే విధంగా చేసి, V_1 ఘనపరిమాణం వాయువును సచ్ఛిద్ర ప్లగ్ ద్వారా ఎక్కువ పీడనం (P_1) నుంచి తక్కువ పీడనం (P_2) ఉన్న భాగంలోకి పంపుతారు.

- ఈ ప్రక్రియను అతి నెమ్మదిగా జరిపిస్తారు.

- ఈ ప్రక్రియలో వాయువు పైన జరిపిన పని P_1V_1 అవుతుంది.

2. జౌల్–థామ్సన్ ప్రయోగం (Joule Thomson Experiment)



Joule-Thomson experiment (expansion of a real gas through a porous plug)

- తక్కువ పీడనం ఉన్న భాగంలోకి పంపిన వాయువు స్థిర పీడనానికి (P_2 కి) వ్యతిరేకంగా వ్యాకోచం చెందుతుంది.

- ఘనపరిమాణం V_1 నుంచి V_2 గా ఉంటుంది.

- ఈ ప్రక్రియలో వాయువు జరిపిన పని $-P_2V_2$ అవుతుంది.

2. జౌల్–థామ్సన్ ప్రయోగం (Joule Thomson Experiment)

ఈ మొత్తం ప్రక్రియలో వాయువు జరిపిన నికరమైన పని W.

$$W = P_2V_2 - P_1V_1$$ అవుతుంది.

ఈ ప్రక్రియలో $Q=0$ గా ఉంటుంది. కారణం ఉష్ణ బంధక ప్రక్రియ.

ప్రధమ నియమం ప్రకారం,

$$\Delta E = Q - W$$

$$\therefore \Delta E = -W$$

$$\Delta E = -(P_2V_2 - P_1V_1)$$

లేదా $$E_2 - E_1 = -(P_2V_2 - P_1V_1)$$

$$E_2 + P_2V_2 = E_1 + P_1V_1$$

$$H_2 = H_1$$

$$\Delta H = 0$$

ఈ ప్రక్రియలో ఎంథాల్పి స్థిరంగా ఉంటుంది. వాయువు పని జరిపింది కాబట్టి ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది. స్థిరోష్ణక పరిస్థితులలో వాయువు వ్యాకోచం చెందడం వలన చల్లబడటాన్ని జౌల్–థామ్సన్ ఫలితం అంటారు.

3. జౌల్–థామ్సన్ గుణకం Joule–Thomson Coefficient

ఈ వ్యాకోచంలో వాయువు ఉష్ణోగ్రతల్లో తగ్గుదల, తొలి ఉష్ణోగ్రత మీద మరియు పీడనం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$$ ను జౌల్ –థామ్సన్ గుణకం అంటారు. దీన్ని μ_{JT} గా రాస్తారు.

ఈ ప్రక్రియలో $P_2 < P_1$ కాబట్టి ∂p విలువ ఋణాత్మకం గా ఉంటుంది. T ల తగ్గుదల కారణంగా ∂T విలువ కూడా ఋణాత్మకం గా ఉంటుంది.

కాబట్టి

$$\mu_{JT} = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$$ విలువ ధనాత్మకం గా ఉంటుంది.

3. జౌల్–థామ్సన్ గుణకం Joule–Thomson Coefficient

i. $\mu_{JT} > 0$ అయితే వాయువు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో చల్లబడుతుంది.

ii. $\mu_{JT} < 0$ అయితే వాయువు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వెచ్చబడుతుంది.

iii. $\mu_{JT} = 0$ అయితే వాయువు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వెచ్చబడదు, చల్లబడదు.

4. విలోమ ఉష్ణోగ్రత (T_i) Inversion Temperature

- μ_{JT} విలువ సున్నా గా మారే ఉష్ణోగ్రతను "విలోమ ఉష్ణోగ్రత (T_i)" (inversion temperature) అంటారు.

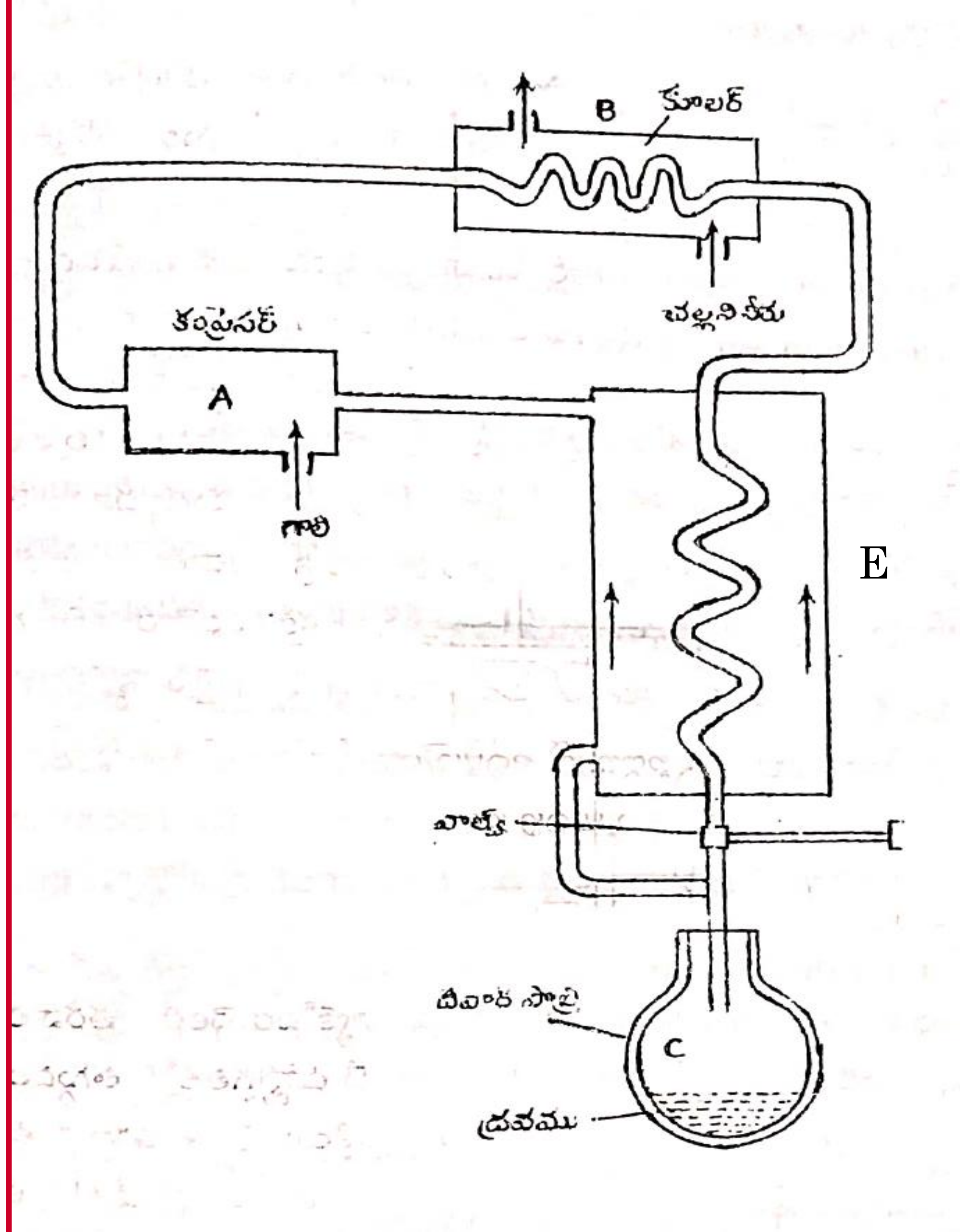
- సాధారణ ఉష్ణోగ్రతల దగ్గర H_2, He మినహా మిగిలిన వాయువులు జౌల్ –థామ్సన్ వ్యాకోచంలో చల్లబడతాయి (μ_{JT} = + విలువ).

- ఈ విలోమ ఉష్ణోగ్రతను $\frac{2a}{Rb}$ గా రాస్తారు. (a,b లు వాండర్ వాల్ స్థిరాంకాలు).

జౌల్–థామ్సన్ ఫలితం యొక్క అనువర్తనం

Application of Joule – Thomson Effect

- ❖లిండే పద్ధతిలో జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావాన్ని ప్రామాణిక ప్రక్రియగా తీసుకుంటారు.
- ❖ఈ ప్రక్రియను పెట్రోకెమికల్ పరిశ్రమలో ఎక్కువగా ఉపయోగిస్తారు.
- ❖ఇక్కడ వాయువులను ద్రవీకరించడానికి శీతలీకరణ ప్రభావాన్ని ఉపయోగిస్తారు.
- ❖లిండే (Linde) ఈ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి గాలిని ద్రవీకరించాడు.

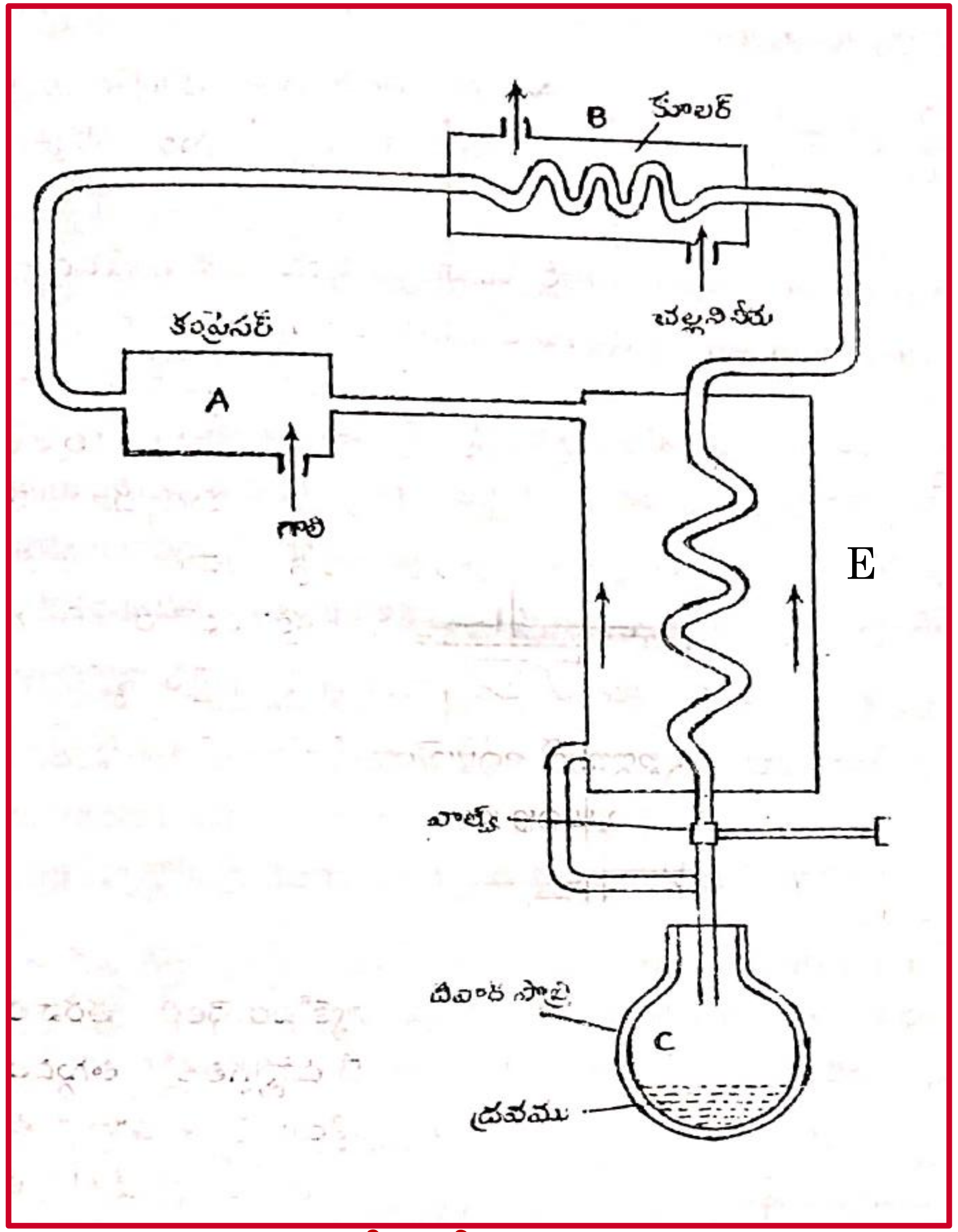


లిండే ద్రవీకరణ సాధనం

జౌల్–థామ్సన్ ఫలితం యొక్క అనువర్తనం

Application of Joule – Thomson Effect

- ధూళి కణాలు CO_2 ల నుంచి వేరు చేసిన గాలిని సంపీడకం (compressor) లోకి పంపించి దానికి 200 అట్మాస్ఫియర్ ల పీడనాన్ని కలిగిస్తారు.
- ఈ సంపీడకంలో ఉత్పన్నమయ్యే వేడిని తొలగించడానికి గాలిని శీతలీకరణ భాగం (cooler B) లోకి పంపిస్తారు.
- దానిలో చల్లటి నీరు ప్రవహిస్తూ ఉంటుంది. కూలర్ నుంచి గాలి కొన్ని వందల మీటర్ల పొడవు ఉండి మెలికలు తిరిగిన (spiral) గొట్టంలో ప్రయాణం చేసి చివరనున్న వాల్వు నుంచి బయటకి అల్పపీడనం ఉన్న ప్రదేశం లోకి ప్రవేశిస్తుంది.



లిండే ద్రవీకరణ సాధనం

జౌల్–థామ్సన్ ఫలితం యొక్క అనువర్తనం

Application of Joule – Thomson Effect

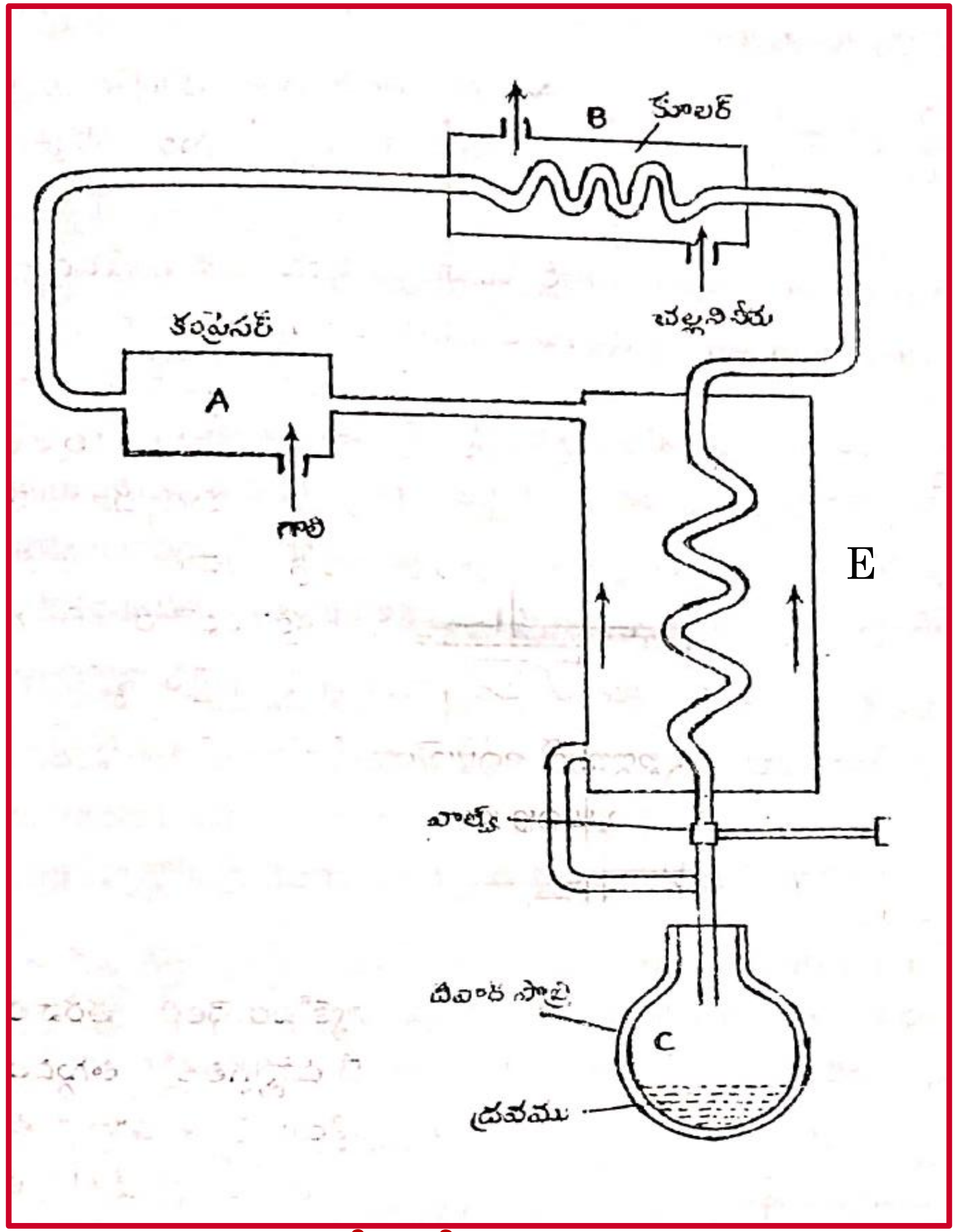
- ఈ ప్రసరణలో జౌల్–థామ్సన్ ఫలితానుసారం గాలి చల్లగా అవుతుంది.

- ఈ చల్లగా అయిన గాలి తిరిగి E లోకి ప్రసరిస్తుంది.

- ఈ విధంగా లోనికి వచ్చే గాలిని (వ్యాకోచానికి ముందు) చల్లబరుస్తుంది.

- E నుంచి గాలిని తిరిగి సంపీడకం లోకి పంపించి మళ్ళీ వ్యాకోచింపజేస్తారు.

- ఇలా చాలాసార్లు ఈ విధంగా చల్లగా అయిన తర్వాత వ్యాకోచం చెందగానే గాలి ద్రవీభవించి కిందనున్న దివార్ పాత్ర (Dewar flask) లో చేరుకుంటుంది.



లిండే ద్రవీకరణ సాధనం

Summary

- "అధిక పీడనం ఉన్న ప్రాంతం నుండి చాలా తక్కువ పీడన ప్రాంతానికి ఒక వాయువు స్థిరోష్ణక వ్యాకోచం చెందినప్పుడు జరిగే ఉష్ణోగ్రత మార్పు యొక్క సంఘటనను జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం (Joule–Thomson Effect) అంటారు".

- ఈ ప్రక్రియలో ఎంథాల్పి స్థిరంగా ఉంటుంది. వాయువు పని జరిపింది కాబట్టి ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది. స్థిరోష్ణక పరిస్థితులలో వాయువు వ్యాకోచం చెంది చల్లబడటాన్ని జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావం అంటారు.

- జౌల్ మరియు థామ్సన్, జౌల్ గుణకం అనే పదాన్ని నివేదించారు. దీన్ని μ_{JT} గా రాస్తారు. ఈ వ్యాకోచంలో వాయువు ఉష్ణోగ్రతల్లో తగ్గుదల, తొలి ఉష్ణోగ్రత మీద మరియు పీడనం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది.

- $\mu_{JT} > 0$ అయితే వాయువు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో చల్లబడుతుంది.
- $\mu_{JT} < 0$ అయితే వాయువు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వెచ్చబడుతుంది.
- $\mu_{JT} = 0$ అయితే వాయువు స్థిరోష్ణక ప్రక్రియలో వెచ్చబడదు, చల్లబడదు.

Summary

- μ_{JT} విలువ సున్నా గా మారే ఉష్ణోగ్రతను “విలోమ ఉష్ణోగ్రత (T_i)” (inversion temperature) అంటారు.

- సాధారణ ఉష్ణోగ్రతల దగ్గర H_2, He మినహా మిగిలిన వాయువులు జౌల్ –థామ్సన్ వ్యాకోచంలో చల్లబడతాయి.

- లిండే పద్ధతిలో జౌల్–థామ్సన్ ప్రభావాన్ని ప్రామాణిక ప్రక్రియగా తీసుకుంటారు.ఈ ప్రక్రియను పెట్రోకెమికల్ పరిశ్రమలో ఎక్కువగా ఉపయోగిస్తారు. ఇక్కడ వాయువులను ద్రవీకరించడానికి శీతలీకరణ ప్రభావాన్ని ఉపయోగిస్తారు.

★★★

ధన్యవాదాలు