

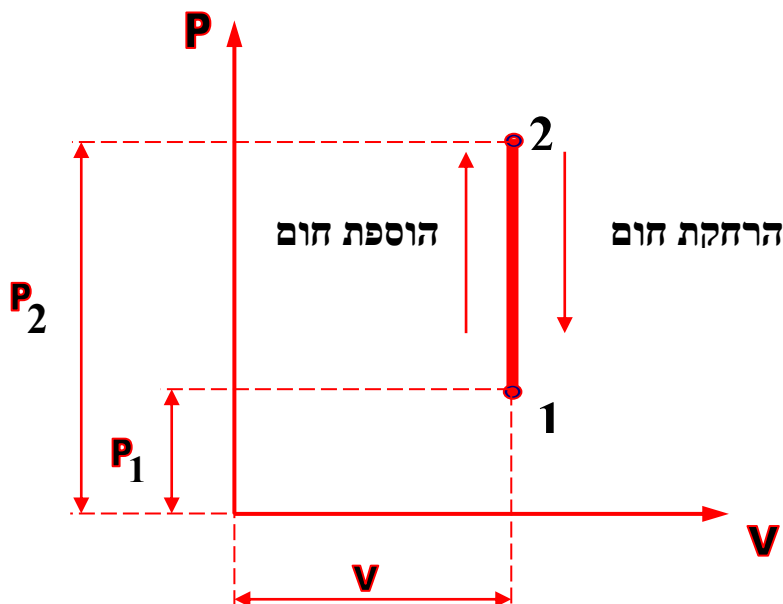
התהליכים הטרמודינמיים

1. תהליך איזוכורי (שווה נפח) –

הגדרה: בתהליך שבו הנפח נשמר קבוע לחצו של גז אידאלי משתנה ביחס ישר לטמ"פ.

$$V = \text{const} \Rightarrow V_1 = V_2$$

תיאור תהליך איזוכורי (שווה נפח) במישור P-V



משוואת תהליך איזוכורי (שווה נפח):

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

נוסחת עבודה בתהליך איזוכורי (שווה נפח):

$$W_{1-2} = 0$$

הערה: בתהליך איזוכורי אין שינוי בנפח לכן כמות העבודה שווה ל-0.

נוסחת כמות חום בתהליך איזוכורי (שווה נפח):

$$Q_{1-2} = m \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1)$$

C_v - מציין את חומו הסגולי של הגז בנפח קבוע.

נוסחת שינוי באנרגיה פנימית בתהליך איזוכורי (שווה נפח):

$$\Delta U_{1-2} = m \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1)$$

בתהליך איזוכורי כמות החום שווה לשינוי באנרגיה פנימית של הגז כלומר:

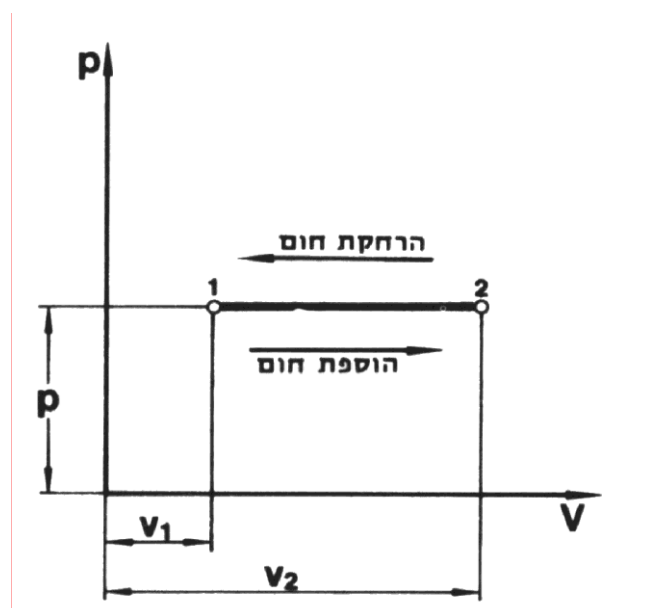
$$\Delta U_{1-2} = Q_{1-2}$$

2. תהליך איזוברי (שווה לחץ):

הגדרה: בתהליך בו הלחץ נשמר קבוע נפחו של גז אידאלי משתנה ביחס ישר לטמ"פ.

$$P = \text{const} \Rightarrow P_1 = P_2$$

תיאור תהליך איזוברי (שווה לחץ) במישור P-V





משוואת תהליך איזוברי (שווה לחץ):

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

נוסחאת עבודה בתהליך איזוברי (שווה לחץ):

$$W_{1-2} = P(V_2 - V_1)$$

$$W_{1-2} = m \cdot R \cdot (T_2 - T_1)$$

נוסחאת כמות חום בתהליך איזוברי (שווה לחץ):

$$Q_{1-2} = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)$$

C_p - מציין את חומו הסגולי של הגז בלחץ קבוע.

נוסחאת שינוי באנרגיה פנימית בתהליך איזוברי (שווה לחץ):

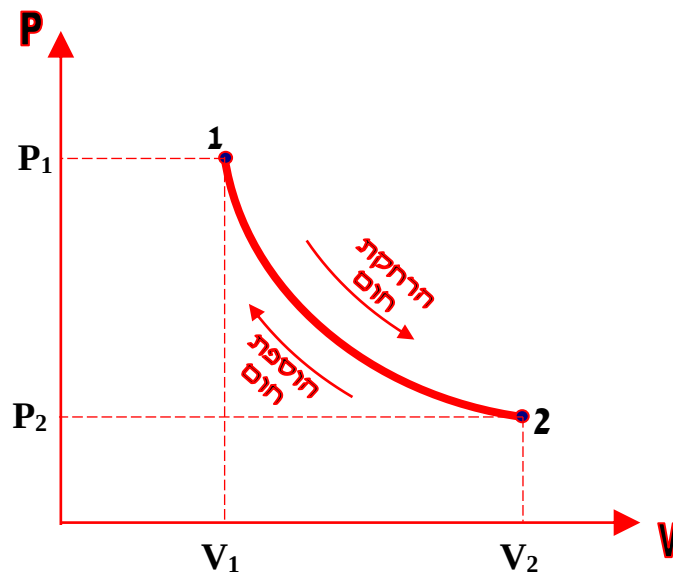
$$\Delta U_{1-2} = m \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1)$$

3. תהליך איזותרמי (שווה טמ"פ):

הגדרה: בתהליך בו הטמ"פ של מסה קבועה של גז נשמרת קבועה הנפח של הגז יגדל ככל שלחצו המוחלט יקטן ולהיפך.

$$T = const \Rightarrow T_1 = T_2$$

תיאור תהליך איזותרמי (שווה טמ"פ) במישור P-V



משוואת תהליך איזותרמי (שווה טמ"פ):

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

נוסחאות עבודה בתהליך איזותרמי (שווה טמ"פ):

$$W_{1-2} = P_1 \cdot V_1 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$W_{1-2} = m \cdot R \cdot T_1 \cdot \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

נוסחאות כמות חום בתהליך איזותרמי (שווה טמ"פ):

$$Q_{1-2} = P_1 \cdot V_1 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$Q_{1-2} = m \cdot R \cdot T_1 \cdot \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$



נוסחאות שינוי באנרגיה פנימית בתהליך איזותרמי (שווה טמ"פ):

$$\Delta U_{1-2} = 0$$

הערה: מכיוון שתהליך איזותרמי אומר שהטמ"פ שוות בין נקודת תחילת התהליך לסופו, האיבר בנוסחאות השינוי באנרגיה פנימית של ההפרש בין הטמ"פ בין סוף התהליך לתחילתו שווה ל- 0, לכן: השינוי באנרגיה פנימית בתהליך איזותרמי שווה ל- 0.

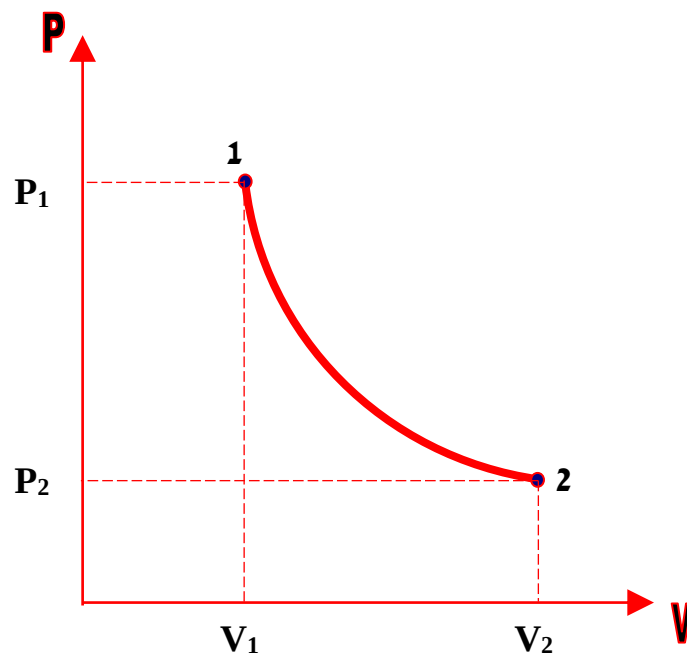


4. תהליך אדיאבטי:

הגדרה: בתהליך זה כמות החום שווה לאפס.

$$Q_{1-2} = 0$$

תיאור תהליך אדיאבטי במישור P-V



משוואת תהליך אדיאבטי:

$$P \cdot V^k = \text{const}$$

נוסחאות עבודה בתהליך אדיאבטי:

$$W_{1-2} = \frac{P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2}{k-1}$$

$$W_{1-2} = \frac{m \cdot R}{k-1} \cdot (T_1 - T_2)$$



נוסחאות כמות חום בתהליך אדיאבטי:

$$Q_{1-2} = 0$$

נוסחאות תהליך אדיאבטי:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

נוסחאות שינוי באנרגיה פנימית בתהליך אדיאבטי:

$$\Delta U_{1-2} = m \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1)$$

5. התהליך הפוליטרופי:

משוואת תהליך פוליטרופי:

$$P \cdot V^n = \text{const}$$

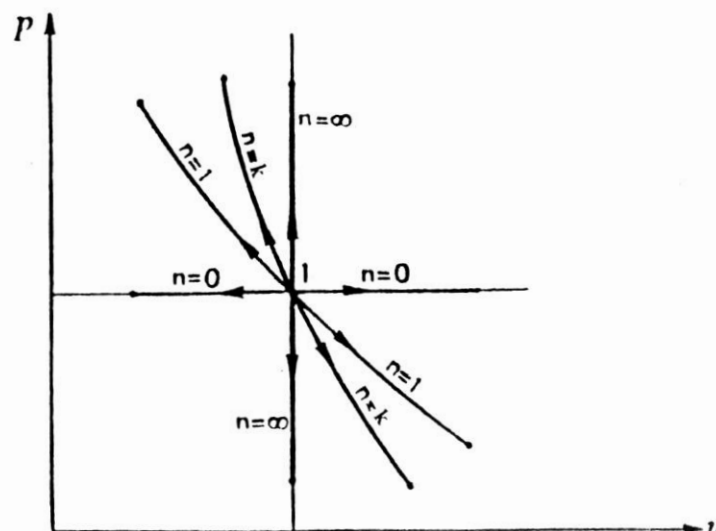
3 תצורות בהם ניתן להבין כי התרגיל עוסק בתהליך פוליטרופי:

- א. נתון בתרגיל כי התהליך הינו פוליטרופי.
- ב. נתון תרגיל ובו כתוב שנתון תהליך המתנהג לפני משוואה אופיינית $P \cdot V^n = \text{const}$
- ג. נתון תרגיל ובו כתוב שנתון תהליך המתנהג לפני משוואה אופיינית $P \cdot V^{1.3} = \text{const}$
(במקום החזקה n יופיע מספר לדוגמא 1.3)

4 מצבים מיוחדים בהם הגדרה של מעריך החזקה n תשפיע על אופי התהליך:

- א. $n = k$ - התהליך הפוליטרופי יתנהג כתהליך אדיאבטי $\leftarrow P \cdot V^k = \text{const}$
- ב. $n = 1$ - התהליך הפוליטרופי יתנהג כתהליך איזותרמי $\leftarrow P \cdot V^1 = \text{const} \Rightarrow P \cdot V = \text{const}$
- ג. $n = 0$ - התהליך הפוליטרופי יתנהג כתהליך איזוברי $\leftarrow P \cdot V^0 = \text{const} \Rightarrow P \cdot 1 = \text{const}$
- ד. $n = \infty$ - התהליך הפוליטרופי יתנהג כתהליך איזוכורי $\leftarrow P \cdot V^\infty = \text{const} \Rightarrow V = \text{const}$

תיאור תהליך פוליטרופי במישור P-V





נוסחאות תהליך פוליטרופי:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^n$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}}$$



נוסחאות עבודה בתהליך פוליטרופי:

$$W_{1-2} = \frac{P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2}{n-1}$$

$$W_{1-2} = \frac{m \cdot R}{n-1} \cdot (T_1 - T_2)$$

נוסחאות כמות חום בתהליך פוליטרופי:

$$Q_{1-2} = m \cdot C_v \cdot \left(\frac{n-k}{n-1} \right) \cdot (T_2 - T_1)$$

$$Q_{1-2} = \frac{k-n}{k-1} \cdot W_{1-2}$$

נוסחאות שינוי באנרגיה פנימית בתהליך פוליטרופי:

$$\Delta U_{1-2} = m \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1)$$