ตัวอย่างที่ 4.1 แก๊สปริมาตร 0.014 ลบม. ที่ความดัน 2070 kN/m^2 ขยายตัวไปที่ความดัน 207 kN/m^2 หากแก๊สดังกล่าวมีพฤติกรรมเป็นไปตามสมการ $PV^{1.35}$=C จงหางานที่ได้จากการขยายตัวของแก๊ส

วิธีทำ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้: สภาวะที่ 1 ; P_1= 2070 kN/m^2 , V_1= 0.014 m^3

สภาวะที่ 2 ; P_2= 207 kN/m^2

สมการที่ต้อง $PV^{1.35} = C$ .....(1) ใช้ :

$$W = \frac{P_1V_1 - P_2V_2}{n-1} \text{.....(2)}$$

หา V_2 จากความสัมพันธ์ในสมการที่ (1)

$$\because P_1V_1^{1.35} = P_2V_2^{1.35} = C$$

$$V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{1.35}}$$

$$= 0.014\ m^3\left(\frac{2070}{207}\right)^{\frac{1}{1.35}}$$

$$= 0.077 \quad m^3$$

$$\therefore W_{12} = \frac{P_1V_1 - P_2V_2}{n-1}$$

$$= \frac{2070\ kN/m^2 \times 0.014\ m^3 - 207\ kN/m^2 \times 0.077\ m^3}{1.35-1}$$

$$= 37.3 \quad kJ$$

งานที่ได้จากการขยายตัวของแก๊สมีค่าเท่ากับ *37.3* *kJ*

ตัวอย่างที่ 3.2 กระบอกสูบบรรจุแก๊ส มีสปริง (linear spring) ยึดติดอยู่กับลูกสูบ ที่สภาวะเริ่มต้นแก๊สในกระบอกสูบมีความดัน 150 kPa และปริมาตร 0.001 ลบม. สปริงไม่ได้ออกแรงใดๆกระทำกับลูกสูบในสภาวะเริ่มต้น จากนั้นให้ความร้อนแก่แก๊สในกระบอกสูบจนกระทั่งปริมาตรของแก๊สในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าจากเดิม มีความดันเท่ากับ 1000 kPa จงหา

ก) เขียนเส้นกระบวนการลงบนแผนภาพ ความดัน-ปริมาตร

ข) งานที่ได้จากการขยายตัวของแก๊สในกระบอกสูบ

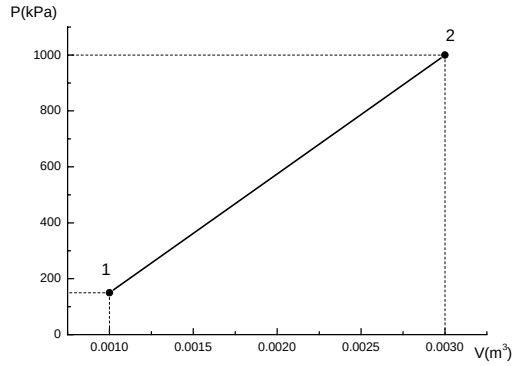
ค) งานที่ใช้ในการยกลูกสูบ และงานที่ใช้ในการเอาชนะแรงกดของสปริง

วิธีทำ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้: สภาวะที่ 1 ; *P_1= 150 kPa , V_1= 0.001 m^3*

สภาวะที่ 2 ; *P_2= 1000 kPa, V_2 = 3V_1*

$$V_2 = 3 \times V_1 = 3 \times 0.001 = 0.003\ m^3$$

ก) เขียนเส้นกระบวนการลงบนแผนภาพ ความดัน-ปริมาตร



ข) งานที่ได้จากการขยายตัวของแก๊สในกระบอกสูบ ประกอบด้วยงาน 2 ส่วน ส่วนแรกคืองานที่ใช้เอาชนะน้ำหนักของลูกสูบ อีกส่วนคืองานที่เอาชนะแรงกดของสปริง

การหางานที่ได้จากการขยายตัวของแก๊สทำได้ 2 วิธี ดังนี้

ข.1) หางานจากพื้นที่ใต้กราฟของแผนภาพความดัน-ปริมาตร

W_{12} = พื้นที่ใต้กราฟรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

$$W_{12} = \frac{1}{2}(150 + 1000)kPa.(0.003 - 0.001)m^3$$

$$W_{12} = 1.15\ kJ$$

ข.2) หางานจากการแก้สมการของงานในระบบที่กดอัดได้

$$W_{12} = W_{piston} + W_{spring}$$

$$W_{12} = \int_1^2 PdV = \int_1^2 (P_{piston} + P_{spring})dV \quad \text{.....(1)}$$

$$P = P_{piston} + P_{spring}; \quad P_{spring} = \frac{F_{spring}}{A}$$

$$F_{spring} = kx \quad ; x = \frac{\Delta V}{A}$$

$$\therefore P = P_{piston} + k\frac{\Delta V}{A^2} \quad \text{.....(2)}$$

ที่สภาวะที่ 1 ; $F_{spring} = 0 \quad at \quad V = V_1$

จากสมการที่ (2) $P_1 = P_{piston} + k\frac{\Delta V}{A^2}$

$$\therefore P_1 = P_{piston} = 150 \quad kPa$$

ที่สภาวะที่ 2 ; $P_2 = 150\,kPa + \frac{k}{A^2}(V_2 - V_1)$

$$1000\,kPa = 150\,kPa + \frac{k}{A^2}(0.003 - 0.001)m^3$$

$$\therefore \frac{k}{A^2} = 425,000 kPa/m^3$$

จะได้สมการทั่วไป $P = 150 + 425,000(V - 0.001) \quad kPa \text{.....(3)}$

$$W_{12} = \int_1^2 PdV$$

$$= \int_1^2 \left(150 + 425,000(V - 0.001)\right)dV$$

$$= 150V\Big|_1^2 + 425,000\frac{V^2}{2}\Big|_1^2 - 425V\Big|_1^2$$

$$= 1.15\,kN.m = 1.15kJ$$

งานที่ได้จากการขยายตัวของแก๊สมีค่าเท่ากับ 1.15 kJ

ค) งานที่ใช้เอาชนะน้ำหนักของลูกสูบ และงานที่เอาชนะแรงกดของสปริง

$$W_{12} = W_{piston} + W_{spring}$$

$$W_{12} = \int_1^2 PdV = \int_1^2 (P_{piston} + P_{spring})dV$$

$$P_{piston} = 150\,kPa \quad ; P_{spring} = 425,000(V - 0.001)$$

$$W_{piston} = \int_1^2 P_{piston}dV$$

จากสมการที่ (3) $= P_{piston}(V_2 - V_1) = 150(0.003 - 0.001)$

$$= 0.3\,kJ$$

$$W_{spring} = \int_1^2 P_{spring}dV$$

$$= \int_1^2 \frac{k}{A^2}(V - V_1)dV = \frac{k}{A^2}\frac{(V_2 - V_1)^2}{2}$$

$$= 0.85\,kJ$$