إجراءات عدم التدفق Non-flow Processes

- هي الاجراءات التي تقع على المنظومات المغلقة ويمكن إيرادها في الآتي:

1- إجراء ثبات الحجم Constant Volume Process

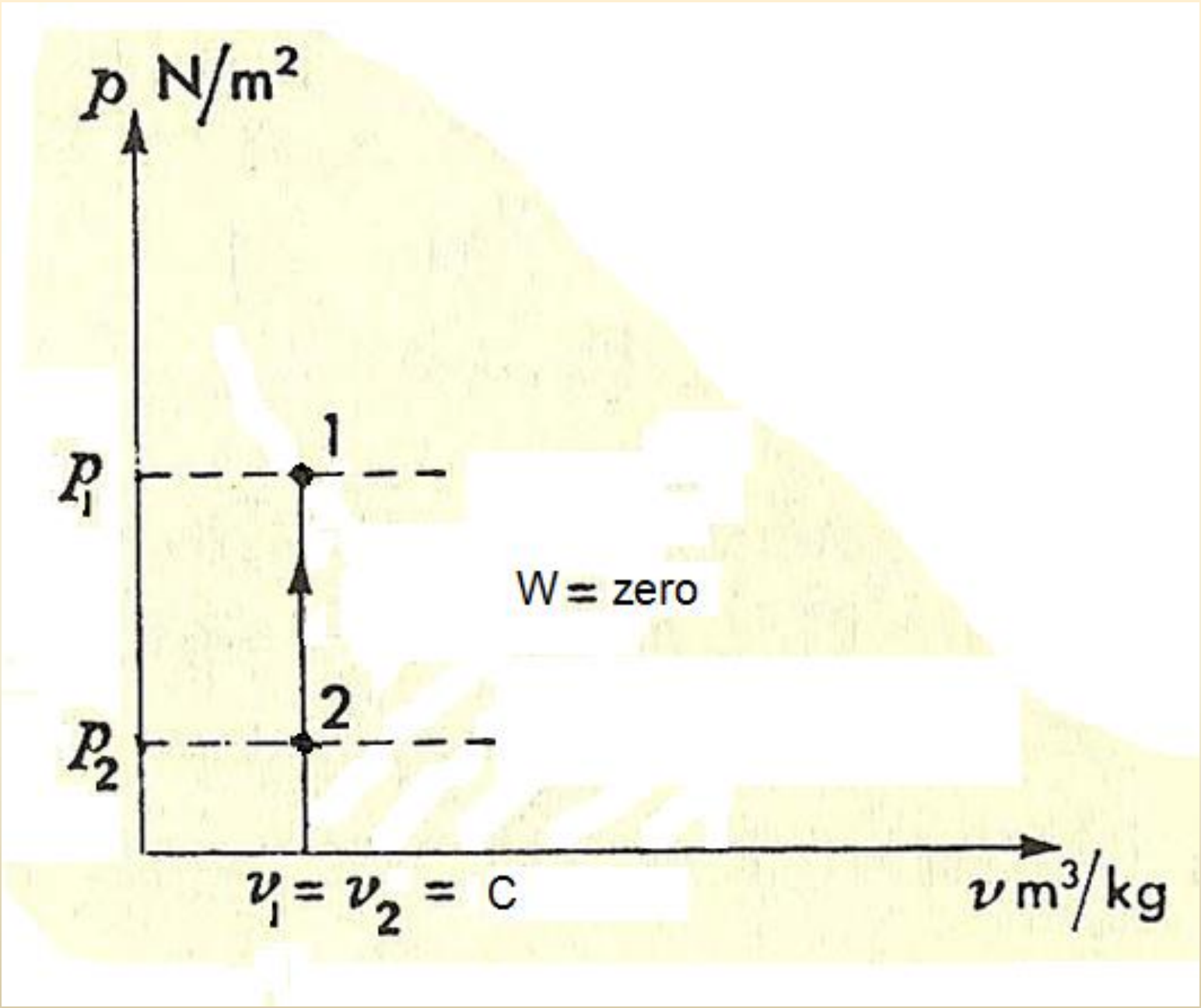
من القانون الأول $Q + W = U_2 - U_1$

عند ثبات الحجم يكون الشغل المبذول منعدمًا أي أن :

$$W=Zero$$

وبالتالي : $Q = U_2 - U_1 = \Delta U$

أي أن الحرارة المضافة تساوي التغير في الطاقة الداخلية


p N/m²
P1
P2
1
2
W = zero
v1 = v2 = C
v m³/kg

2- إجراء ثبات الضغط Constant Pressure Process

من القانون الأول $Q + W = U_2 - U_1$

عند ثبات الضغط يحسب الشغل من العلاقة:

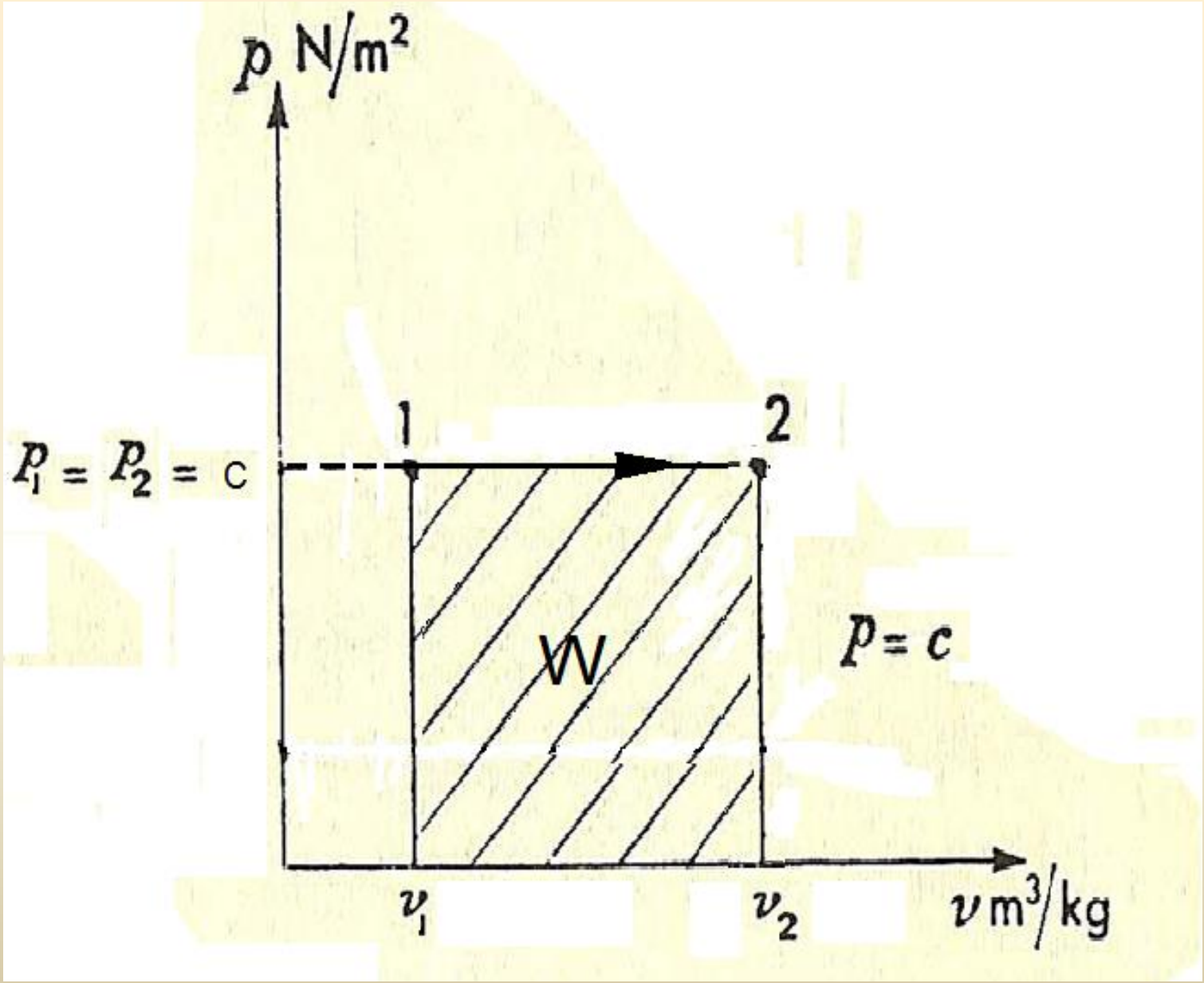
$$W=P(V_2-V_1)$$

عندما يكون الشغل مبذول بواسطة المائع تكون إشارة الشغل سالبة (-)

وبالتالي : $Q +\{-P(V_2 - V_1)\} = U_2 - U_1$

$$Q =P(V_2 - V_1) + U_2 - U_1$$

$$Q =[(P V_2+ U_2)-(P V_1 +U_1)]$$


p N/m²
P₁ = P₂ = C
1
2
W
p = c
v₁
v₂
v m³/kg

المقدار: (P V+ U) عبارة عن خاصية ثيرموديناميكية تعرف بالمحتوى الحراري ويرمز لها بالحرف H للمحتوى الحراري الكلي أو h للمحتوى الحراري النوعي ووحداتها نفس وحدات الطاقة الداخلية والشغل والحرارة J أو KJ/Kg

وبالتالي : $Q = H_2 - H_1 = \Delta H$

ففي إجراء ثبات الضغط الحرارة المضافة تساوي التغير في المحتوى الحراري أو الانثالبيا

3- الإجراء البوليتروبي Polytropic Process

هو الاجراء الذي يمكن أن يعبر عنه بالعلاقة : $Pv^n = C$

حيث : (ثابت) C = Constant

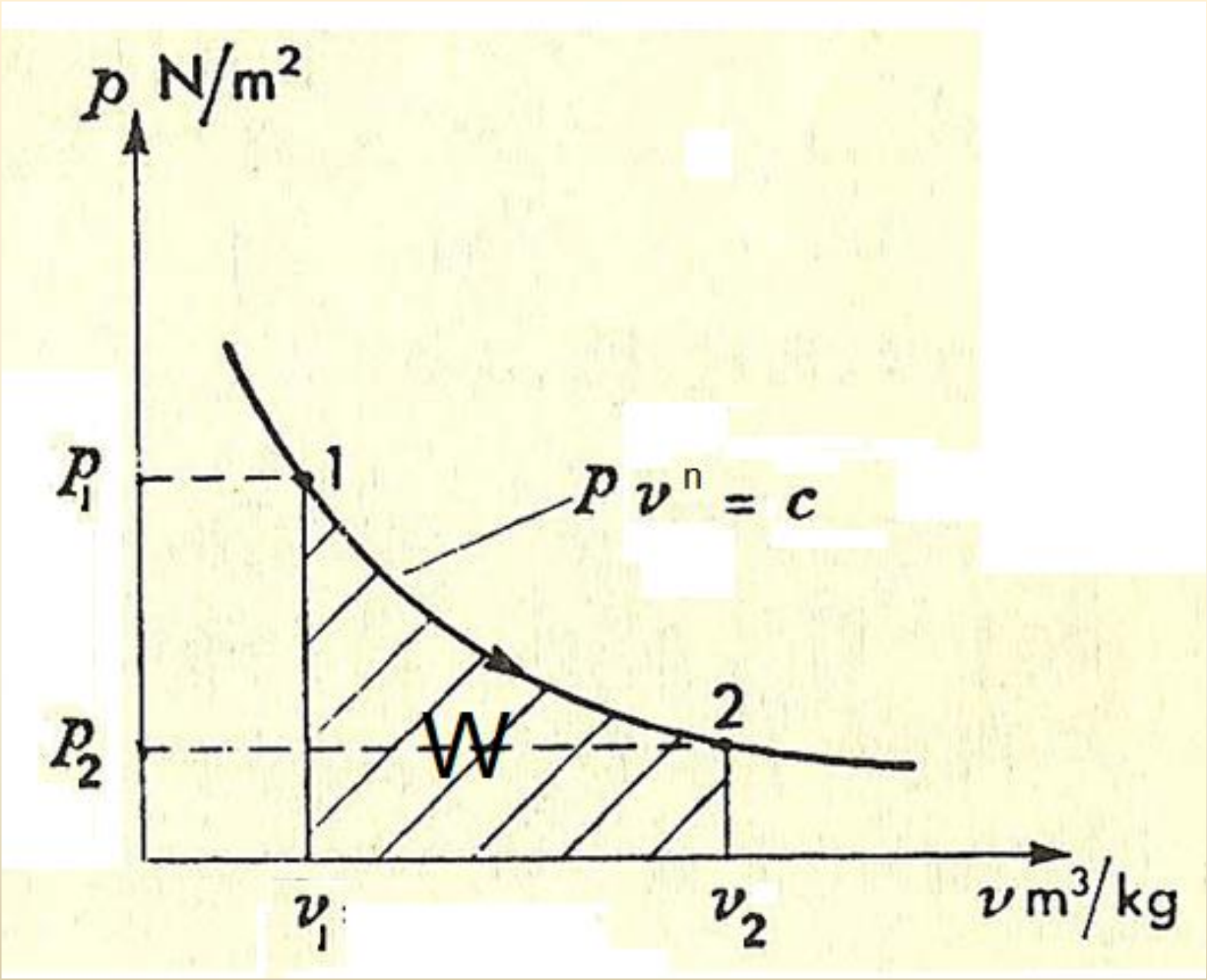
n = دليل التمدد أو الانكماش للاجراء

$(0, 1, \infty, \gamma)$ ≠ n ، γ هي النسبة بين الحرارة النوعية بثبوت الضغط إلى الحرارة النوعية بثبوت الضغط للغاز المعين .

$W = \int Pdv$ حسب حدود التكامل من (1) إلى (2) مثلاً ، عليه

$$W = (P_2v_2-P_1v_1)/(1-n)$$

بتكامل الدالة المشار إليها أعلاه


p N/m²
P1
P2
1
2
P v^n = c
W
v1
v2
v m³/kg

4- الإجراء الأديباتي (الكاظم للحرارة) Adiabatic Process

هو الاجراء الذي يتم بمعزل عن الحرارة (لايتم فيه كسب ولا فقد للحرارة) $dQ = Zero$ عليه فوفق القانون الأول :

$$w = u_2 - u_1$$

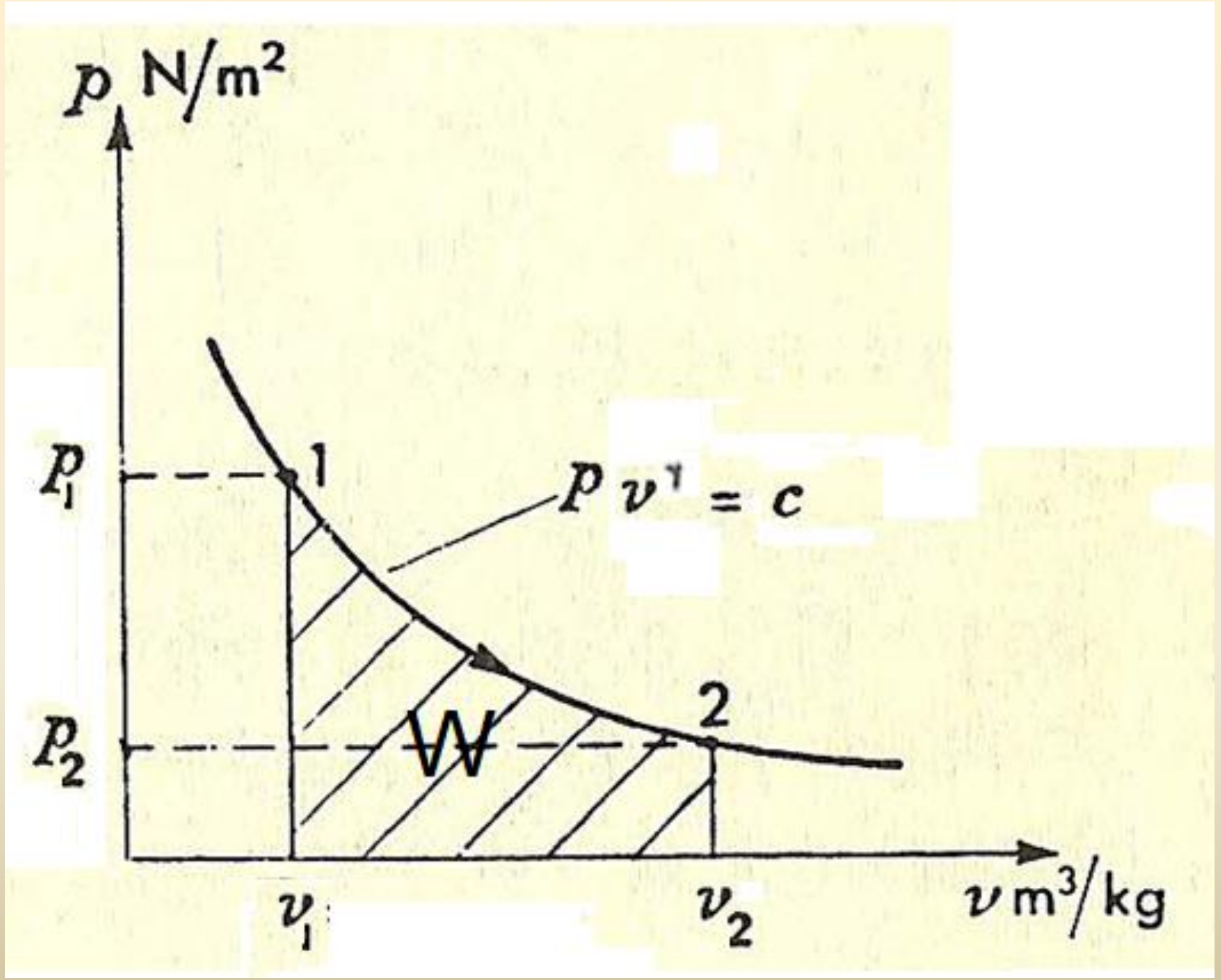
(الشغل المبذول يساوي التغير في الطاقة الداخلية)

ويأخذ الصيغة العامة: $pv^{\gamma} = Constant$

حيث γ = دليل التمدد والانكماش للاجراء الأديباتي

$$\gamma = C_p/C_v$$

C_p هي الحرارة النوعية بثبوت الضغط C_v هي الحرارة النوعية بثبوت الحجم


p N/m²
P1
P2
1
2
P v^γ = c
W
v1
v2
v m³/kg

5- إجراء ثابت درجة الحرارة Isothermal Process

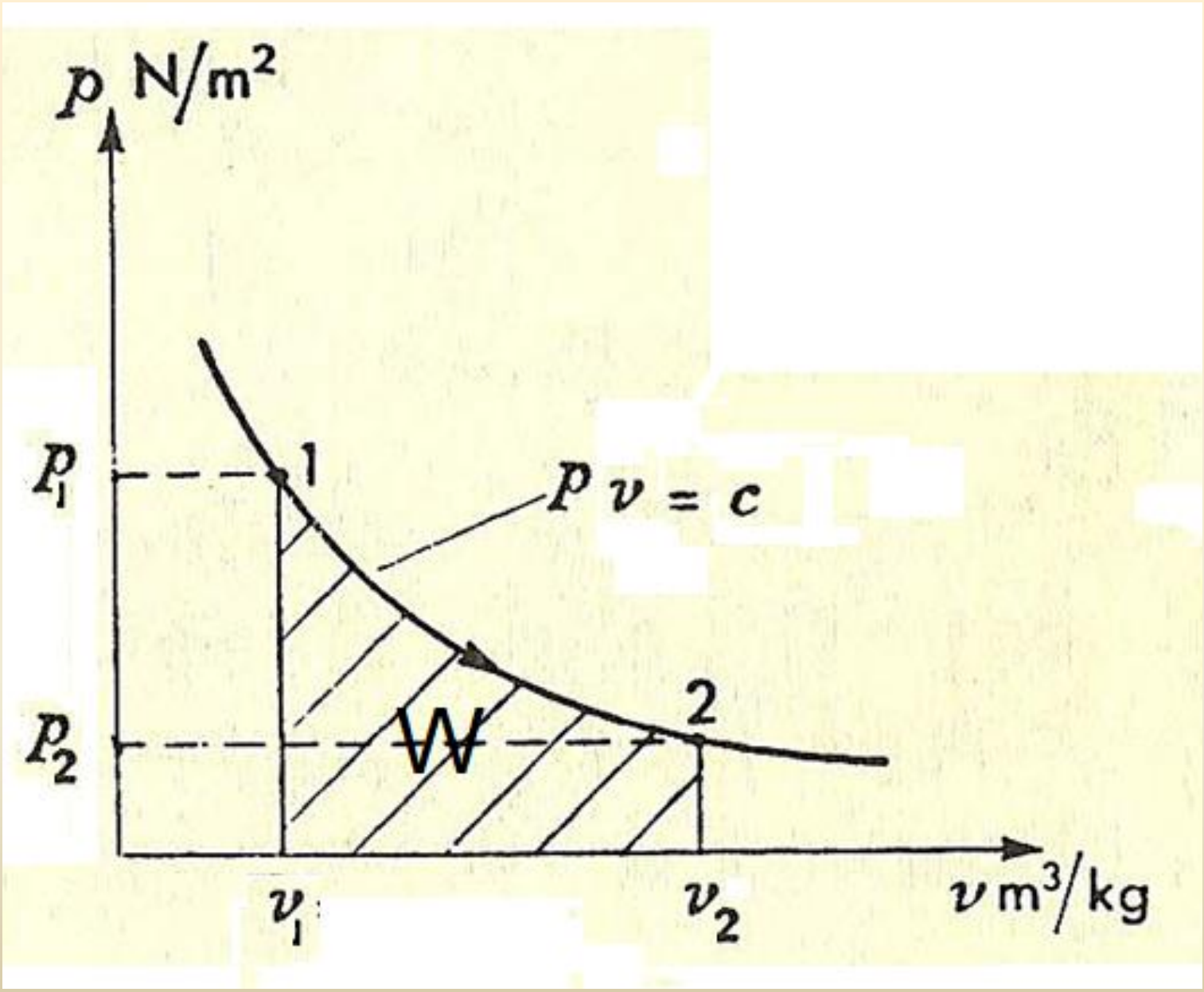
هو الاجراء الذي يتم تحت ثبات درجة الحرارة

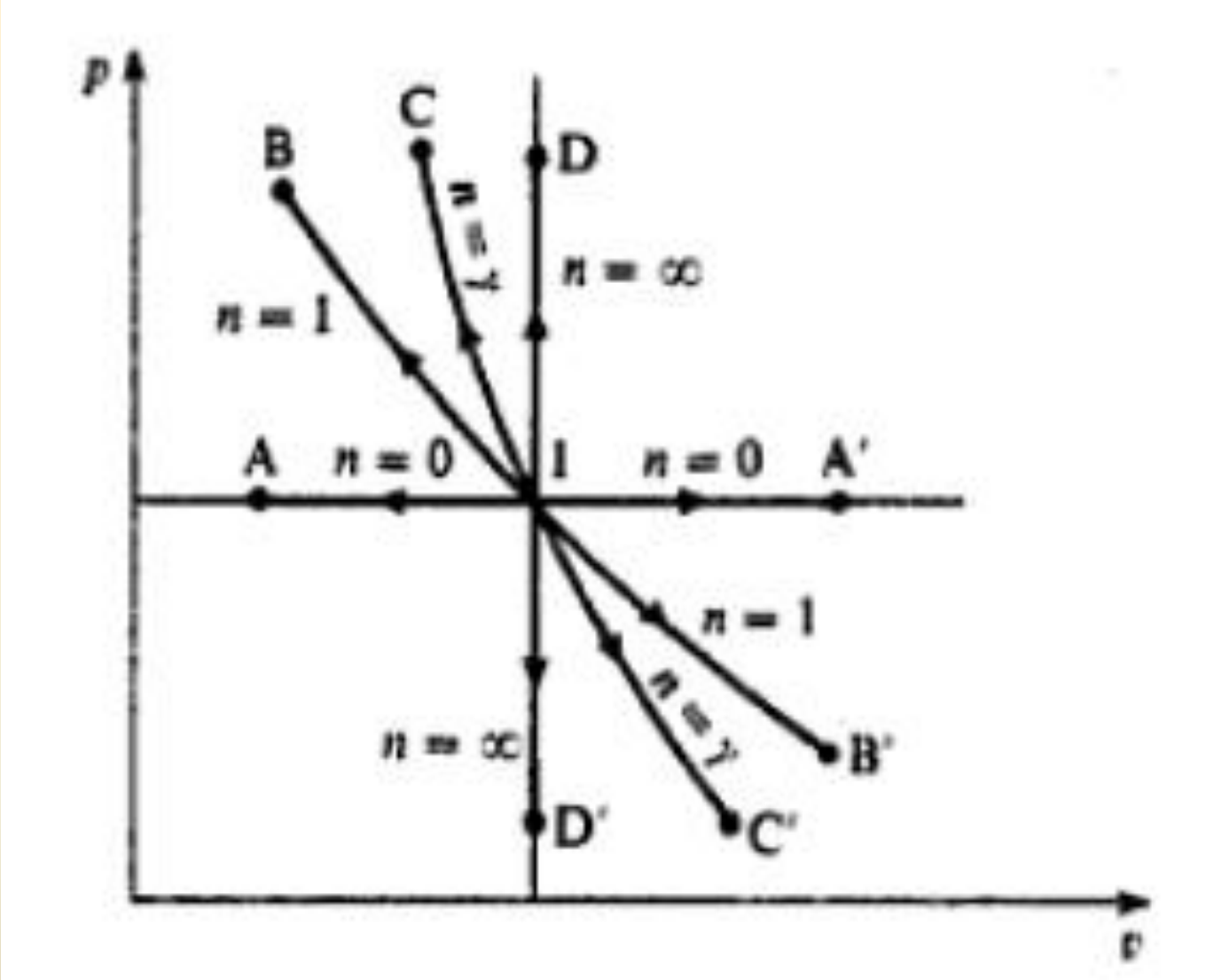
$(T_1 = T_2)$ ، يأخذ الصيغة: $Pv = Constant$

ويحسب الشغل فيه من العلاقة :

$$W = Pv \ln (v_2/v_1)$$

أو على النحو: $W= R T \ln(v_2/v_{1)}$


p N/m²
P₁
P₂
1
2
P v = c
W
v₁
v₂
v m³/kg



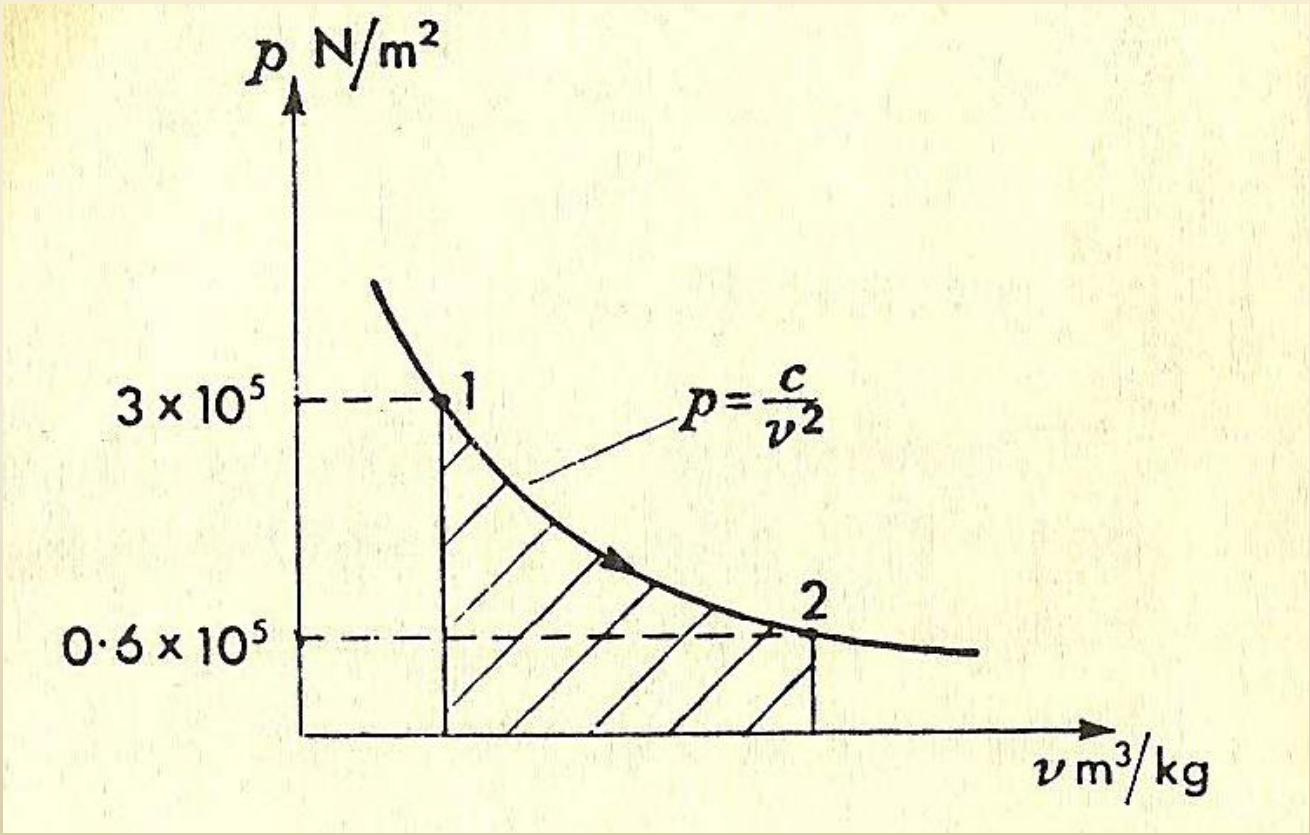
مختلف الاجراءات موضحة على مخطط (P-v)

رقم م.	العملية	الصيغة	n	W
1	ثابت الحجم	$v = C$	∞	Zero
2	ثابت الضغط	$P = C$	0	$P(\Delta v)$
3	البولتروبية	$Pv^n = C$	$n \neq (1, \infty, \gamma, 0)$	$(P_2v_2-P_1v)_1/(n-1)$
4	الأديباتية	$Pv^\gamma = C$	γ	$(P_2v_2-P_1v)_1/(\gamma-1)$
5	الأيسوثيرمية	$Pv = C$	1	$(Pv)\ln(v_2/v_1)$

مثال:

Example

A fluid at a pressure of 3 bar, and with specific volume of 0·18 m^3/kg, contained in a cylinder behind a piston expands reversibly to a pressure of 0·6 bar according to a law, $p = c/v^2$ where c is a constant. Calculate the work done by the fluid on the piston.



$$\text{Work done} = \text{shaded area} = \int_1^2 p\,\mathrm{d}v$$ الشغل المبذول = المساحة المظللة

$$\text{i.e.} \qquad \text{Work done} = c\int_{v_1}^{v_2}\frac{\mathrm{d}v}{v^2} = c\left[-\frac{1}{v}\right]_{v_1}^{v_2}$$ يحسب من العلاقة:

يمكن حساب الثابت من العلاقة على النحو:

$$\text{also} \qquad c = pv^2 = 3\times 0{\cdot}18^2 = 0{\cdot}0972 \text{ bar } (\text{m}^3/\text{kg})^2$$

$$\text{and} \qquad v_2 = \sqrt{\frac{c}{p_2}} = \sqrt{\frac{0{\cdot}0972}{0{\cdot}6}} = 0{\cdot}402 \text{ m}^3/\text{kg}$$ عليه نجد:

بالتعويض في علاقة التكامل نجد:

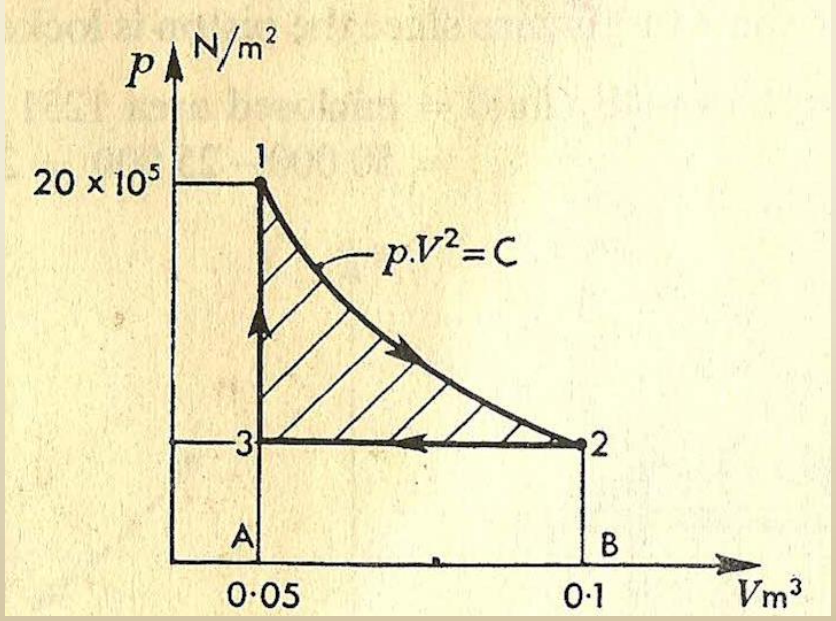
$$\therefore \text{ Work done} = 0{\cdot}0972\times 10^5\left(\frac{1}{0{\cdot}18}-\frac{1}{0{\cdot}402}\right)\text{ N m/kg}$$

$$= 29\,840 \text{ N m/kg}$$

Example

مثـــال:

1 kg of a certain fluid is contained in a cylinder at an initial pressure of 20 bar. The fluid is allowed to expand reversibly behind a piston according to a law $pV^2 = \text{constant}$ until the volume is doubled. The fluid is then cooled reversibly at constant pressure until the piston regains its original position; heat is then supplied reversibly with the piston firmly locked in position until the pressure rises to the original value of 20 bar. Calculate the net work done by the fluid, for an initial volume of 0·05 m^3.



الشغل المبذول في الاجراء من 1 إلى 2

Work done by fluid from 1 to 2 = area 12BA1

يحسب من العلاقة:

$$= \int_1^2 p \, dV \text{ from equation 1.2}$$

بالتعويض نجد:

$$\text{i.e. } W_{1-2} = \int_{v_1}^{v_2} \frac{c}{V^2} \, dV \quad \text{where} \quad c = p_1 V_1^2 = 20 \times 0{\cdot}05^2 \text{ bar m}^6$$

إذن :

$$\therefore \; W_{1-2} = 10^5 \times 20 \times 0{\cdot}0025 \left[-\frac{1}{V} \right]_{0{\cdot}05}^{0{\cdot}1} =$$

إذن يساوي :

$$10^5 \times 20 \times 0{\cdot}0025 \left(\frac{1}{0{\cdot}05} - \frac{1}{0{\cdot}1} \right) = 50\,000 \text{ N m}$$

الشغل المبذول في الاجراء 2 إلى 3:

Work done on fluid from 2 to 3 = area 32BA3 $= p_2(V_2 - V_3)$

بالتعويض :

$$= 10^5 \times 5 \times (0{\cdot}1 - 0{\cdot}05)$$

$$= 25\,000 \text{ N m}$$

Work done from 3 to 1 is zero since the piston is locked in position.

الاجراء 3 إلى 1 (المكبس ثابت) الشغل يساوي صفر

صافي الشغل يساوي المساحة المغلقة لمجموع الشغل في الاجراءات بمراعاة الاشارة

$\therefore$ Net work done by fluid = enclosed area 1231

بالتعويض نجد:

$$= 50\,000 - 25\,000 = 25\,000 \text{ N m}$$

Exercise تمرين

4.12 1 kg of air at 1·02 bar, 20°C is compressed reversibly according to a law $pv^{1.3}$ = constant, to a pressure of 5·5 bar. Calculate the work done on the air and the heat flow to or from the cylinder walls during the compression.

(133·5 kJ/kg; −33·38 kJ/kg)

12.4. واحد كجم من الهواء تحت ضغط ابتدائي قدره 1.02 bar ودرجة حرارة قدرها 20 ^{o}C ضغطت رجوعيًا وقف العلاقة $Pv^{1.3} = C$ حتى صار الضغط 5.5 bar ، أحسب الشغل المبذول والتدفق الحراري من أو إلى الهواء عبر جدار الاسطوانة ومثل الاجراء على مخطط (P-v) للهواء خذ:

$\gamma = 1.4$ ، $C_p = 1.005$ kJ/kg

Exercise تمرين

1.2 1 kg of a fluid is compressed reversibly according to a law $pv = 0{\cdot}25$ where p is in bar and v is in m^3/kg. The final volume is $\frac{1}{4}$ of the initial volume. Calculate the work done on the fluid and sketch the process on a p-v diagram. (34 660 N m)

2.1. واحد كجم من مائع ما تم ضغطه رجوعيا وفق العلاقة (pv = 0.25) حيث

p = الضغط بالبار ، v = الحجم النوعي m^3/kg إذا كان الحجم النهائي

يساوي ¼ من الحجم الابتدائي ، أحسب الشغل الواقع على المائع ومثل

الاجراء على مخطط (P-v)

PROBLEMS

تـــــمارين

1.1 A certain fluid at 10 bar is contained in a cylinder behind a piston, the initial volume being 0·05 m^3. Calculate the work done by the fluid when it expands reversibly,

(a) At constant pressure to a final volume of 0·2 m^3.

(b) According to a linear law to a final volume of 0·2 m^3 and a final pressure of 2 bar.

(c) According to a law pV = constant to a final volume of 0·1 m^3.

(d) According to a law pV^3 = constant to a final volume of 0·06 m^3.

(e) According to a law $p=(A/V^2)-(B/V)$ to a final volume of 0·1 m^3 and a final pressure of 1 bar. A and B are constants.

Sketch all processes on the p-V diagram.

(150 000; 90 000; 34 700; 7640; 19 200 N m)

(1) مائع تحت ضغط 10 bar داخل اسطوانة خلف مكبس حيث الحجم الابتدائي $0.05\ m^3$. أحسب الشغل المبذول بواسطة المائع عندما يتمدد رجوعيًّا للحالات :

(أ) تحت ضغط ثابت حتى صار الحجم $0{\cdot}2\ m^3$

(ب) وفق علاقة خطية إلى حجم نهائي قدره $0{\cdot}2\ m^3$ وضغط نهائي قدره $2\ bar$.

(ج) وفق العلاقة $pV = constant$ إلى حجم نهائي قدره $0{\cdot}1\ m^3$.

(د) وفق العلاقة $pV^3 = constant$ إلى حجم نهائي قدره $0{\cdot}06\ m^3$.

(هـ) وفق العلاقة $p=(A/V^2)-(B/V)$ إلى حجم نهائي قدره $0{\cdot}1\ m^3$ وضغط نهائي قدره $1\ bar$ وكلاً من A و B ثوابت .

أرسم كروكي للعمليات على مخطط (p - V)

الاجابات : (150 000; 90 000; 34 700; 7640; 19 200 N m)