

Политропни процеси

Политропни се наричат процесите, при които топлинният капацитет на системата остава постоянен т.е. $C = \text{const}$ (съответно всички топлинни капацитети – специфичен, моларен и др. остават постоянни). За политропните процеси също може да се намери уравнение, което ги описва, подобно на уравненията за другите процеси, които разгледахме – изотермен, адиабатен и т.н. (3 и 6 въпроси). Ще подходим по същия начин, както при намирането на уравнението на адиабатните процеси – ще използваме първия принцип на термодинамиката и уравнението на Клапейрон–Менделеев, както и определенията за различните топлинни капацитети (3, 4 и 5 въпроси). За опростяване на пресмятанията ще ги направим за 1 mol идеален газ. Първият принцип на термодинамиката за един мол газ, като имаме предвид определенията за топлинните капацитети, може да се запише във вида:

$$(1) C_{\mu} dT = C_V dT + PdV.$$

Като използваме уравнението на Клапейрон–Менделеев, можем да изключим единия от трите параметъра в (1), напр. температурата T . За един мол газ ще имаме:

$$PV = RT$$

и като диференцираме двете страни:

$$(2) PdV + VdP = RdT.$$

Като изключим температурата T от (1) и (2)

$$dT = \frac{1}{R}(PdV + VdP)$$

$$(C_{\mu} - C_V)dT = PdV$$

$$\frac{(C_{\mu} - C_V)}{R}(PdV + VdP) = PdV$$

$$(C_{\mu} - C_V)(PdV + VdP) = RPdV$$

и групираме членовете ще получим:

$$(3) (C_{\mu} - C_V - R)PdV + (C_{\mu} - C_V)VdP = 0,$$

а като разделим (3) на PV (което очевидно е различно от нула) и използваме уравнението на Майер $C_P = C_V + R$ (5 въпрос)

$$(4) (C_{\mu} - C_P)\frac{dV}{V} + (C_{\mu} - C_V)\frac{dP}{P} = 0.$$

Всички топлинни капацитети в (4) са константи и интегрирането на уравнението (4) ни довежда до:

$$(5) (C_{\mu} - C_P)\ln V + (C_{\mu} - C_V)\ln P = \text{const}.$$

Ако $C_{\mu} = C_V$ имаме изохорен процес, чието уравнение вече познаваме (3 въпрос). Ако $C_{\mu} \neq C_V$, можем да разделим (5) на $C_{\mu} - C_V$ и окончателно за уравнението на политропните процеси ще получим:

$$\frac{C_{\mu} - C_P}{C_{\mu} - C_V} \ln V + \ln P = \text{const}$$

$$\ln PV^n = \text{const} \quad n = \frac{C_{\mu} - C_P}{C_{\mu} - C_V}$$

$$(6) PV^n = \text{const}.$$

Степенният показател $n = \frac{C_{\mu} - C_P}{C_{\mu} - C_V}$ в (6) се нарича показател на политропата. Виждаме, че

уравнението (6) на политропния процес е подобно на уравненията на другите процеси, с които работихме досега. Това не е учудващо, тъй като всички тези процеси са частни случаи на политропен процес. При $n=0$ имаме изобарен процес ($C_{\mu} = C_P$) и уравнението е $PV^0 = \text{const} \Rightarrow P = \text{const}$, при $n=1$ – изотермен с уравнение $PV = \text{const}$, при $n=\gamma$ процесът е адиабатен – $PV^{\gamma} = \text{const}$, а при $n \rightarrow \infty$ (когато $C_{\mu} = C_V$) видяхме, че процесът е изохорен. Можем да изразим моларния топлинен капацитет от показателя на политропата:

$$C_{\mu} = \frac{nC_V - C_P}{n-1}$$

откъдето можем да определим и моларните топлинни капацитети при другите два изопроцеса – адиабатния и изотермния. При $n=\gamma$ получаваме $C_{\mu} = 0$, което следва и от определението за топлинен капацитет (5 въпрос), тъй като температурата на тялото се променя без да получава количество топлина ($dQ = 0, dT \neq 0 \Rightarrow C = \frac{dQ}{dT} = 0$) т.е. при адиабатен процес всички топлинни капацитети на всички тела са равни на нула. За изотермния процес ($n=1$) ще получим $C_{\mu} \rightarrow \infty$, което също може да се види от определението за топлинен капацитет $dQ \neq 0, dT = 0 \Rightarrow C = \frac{dQ}{dT} \rightarrow \infty$ – тялото получава количество топлина, а температурата му не се повишава т.е. топлинният му капацитет е безкрайно голям.