A.03.02 – Processos Politrópicos

(Sistemas Fechados)

Prof. C. Naaktgeboren, PhD

CC BY NC ND

https://github.com/CNThermSci/ApplThermSci

Compiled on 2020-09-11 01h00m22s UTC

Sumário da Parte I

Sumário da Parte II

Parte I

Apresentação de Processo Politrópico

Processos Politrópicos – Definição

É todo o processo para o qual:

$$Pv^n = \text{const.}$$

Processos Politrópicos – Definição

É todo o processo para o qual:

$$Pv^n = \text{const.}$$

Onde:

- P é a pressão do sistema

Processos Politrópicos – Definição

É todo o processo para o qual:

$$Pv^n = \text{const.}$$

Onde:

- P é a pressão do sistema
- v é o volume específico do sistema

Processos Politrópicos – Definição

É todo o processo para o qual:

$$Pv^n = \text{const.}$$

Onde:

- P é a pressão do sistema
- v é o volume específico do sistema
- n é o expoente politrópico

Processos Politrópicos – Definição

É todo o processo para o qual:

$$Pv^n = \text{const.}$$

A equação é utilizada na forma:

$$P_1 v_1^n = P_2 v_2^n.$$

Onde:

- P é a pressão do sistema
- v é o volume específico do sistema
- n é o expoente politrópico

UTFPR UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CN Θ Sci

Processos Politrópicos – Definição

É todo o processo para o qual:

$$Pv^n = \text{const.}$$

A equação é utilizada na forma:

$$P_1 v_1^n = P_2 v_2^n.$$

A versão $PV^n = \text{const.}$, também é usual.

Onde:

- P é a pressão do sistema
- v é o volume específico do sistema
- n é o expoente politrópico

Processos Politrópicos – Apresentação

Em processos politrópicos,

- um parâmetro de processo, n, é mantido constante

Processos Politrópicos – Apresentação

Em processos politrópicos,

- um parâmetro de processo, n, é mantido constante
- e não necessariamente uma propriedade do sistema.

Processos Politrópicos – Apresentação

Em processos politrópicos,

- um parâmetro de processo, n, é mantido constante
- e não necessariamente uma propriedade do sistema.
- porém uma propriedade pode ficar constante, como veremos.

Processos Politrópicos – Apresentação

Em processos politrópicos,

- um parâmetro de processo, n, é mantido constante
- e não necessariamente uma propriedade do sistema.
- porém uma propriedade pode ficar constante, como veremos.

Um exemplo trivial é reconhecer que para $n = 0$, tem-se:

Processos Politrópicos – Apresentação

Em processos politrópicos,

- um parâmetro de processo, n, é mantido constante
- e não necessariamente uma propriedade do sistema.
- porém uma propriedade pode ficar constante, como veremos.

Um exemplo trivial é reconhecer que para $n = 0$, tem-se:

$$Pv^0 = \text{const.} \rightarrow \quad P = \text{const.}$$

Processos Politrópicos – Apresentação

$$Pv^n = \text{const.}$$

Processos Politrópicos – Apresentação

$$Pv^n = c_1$$

Processos Politrópicos – Apresentação

$$\log\left(Pv^n = c_1\right) \to$$

Processos Politrópicos – Apresentação

$$\log\left(Pv^n = c_1\right) \rightharpoondown$$

$$\log(Pv^n) = \log(c_1) \equiv c_2 \rightharpoondown$$

Processos Politrópicos – Apresentação

$$\log\left(Pv^n = c_1\right) \rightharpoondown$$

$$\log(Pv^n) = \log(c_1) \equiv c_2 \rightharpoondown$$

$$\log P + n \log v = c_2 \rightharpoondown$$

Processos Politrópicos – Apresentação

$$\log\left(Pv^n = c_1\right) \rightharpoondown$$

$$\log(Pv^n) = \log(c_1) \equiv c_2 \rightharpoondown$$

$$\log P + n\log v = c_2 \rightharpoondown$$

$$\log P = c_2 - n\log v$$

Processos Politrópicos – Apresentação

$$\log\left(Pv^n = c_1\right) \rightharpoondown$$

$$\log(Pv^n) = \log(c_1) \equiv c_2 \rightharpoondown$$

$$\log P + n\log v = c_2 \rightharpoondown$$

$$\log P = c_2 - n\log v \qquad \therefore \qquad \text{uma equação na forma}$$

Processos Politrópicos – Apresentação

$$\log\left(Pv^n = c_1\right) \rightharpoondown$$

$$\log(Pv^n) = \log(c_1) \equiv c_2 \rightharpoondown$$

$$\log P + n\log v = c_2 \rightharpoondown$$

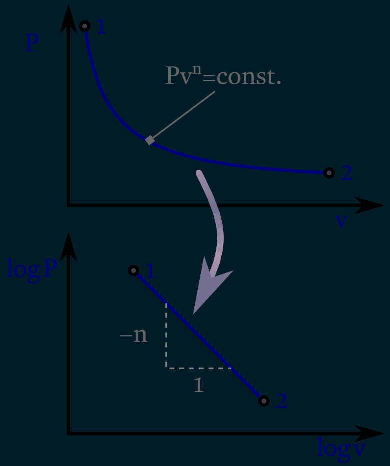
$$\log P = c_2 - n\log v \qquad \therefore \qquad \text{uma equação na forma}$$

$$y = A + Bx \qquad \text{para } y \equiv \log P, \quad x \equiv \log v, \quad \text{etc.}$$

Processos Politrópicos – Apresentação

Assim:

- Todo processo politrópico
- é representado por um segmento de reta
- que une os estados inicial e final
- em coordenadas $\log P \times \log v$.

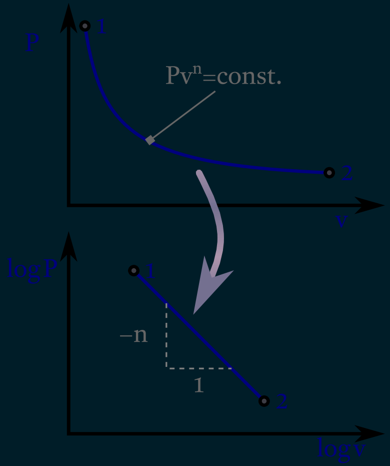


Processos Politrópicos – Apresentação

Assim:

- Todo processo politrópico
- é representado por um segmento de reta
- que une os estados inicial e final
- em coordenadas $\log P \times \log v$.

Logo, processos politrópicos a $v = \text{const.}$, são obtidos fazendo $n \to \pm\infty$.



Processos Politrópicos – Etimologia

Segundo (Chantraine, 1968), o termo “politrópico”:

- origina do grego “πολύτροπος”, o qual é composto de “πολύς” e de “τρόπος”.

Processos Politrópicos – Etimologia

Segundo (Chantraine, 1968), o termo “politrópico”:

- origina do grego “πολύτροπος”, o qual é composto de “πολύς” e de “τρόπος”.
- “πολύς” inclui significados de « nombreux, vaste », a saber, “numeroso, vasto”.

Processos Politrópicos – Etimologia

Segundo (Chantraine, 1968), o termo “politrópico”:

- origina do grego “πολύτροπος”, o qual é composto de “πολύς” e de “τρόπος”.
- “πολύς” inclui significados de « nombreux, vaste », a saber, “numeroso, vasto”.
- “τρόπος” inclui significados de « manière, mode », a saber, “maneira, modo”.

Processos Politrópicos – Etimologia

Segundo (Chantraine, 1968), o termo “politrópico”:

- origina do grego “πολύτροπος”, o qual é composto de “πολύς” e de “τρόπος”.
- “πολύς” inclui significados de « nombreux, vaste », a saber, “numeroso, vasto”.
- “τρόπος” inclui significados de « manière, mode », a saber, “maneira, modo”.
- Ou seja: “muitas formas ou maneiras”. O termo composto

Processos Politrópicos – Etimologia

Segundo (Chantraine, 1968), o termo "politrópico":

- origina do grego "πολύτροπος", o qual é composto de "πολύς" e de "τρόπος".
- "πολύς" inclui significados de « nombreux, vaste », a saber, "numeroso, vasto".
- "τρόπος" inclui significados de « manière, mode », a saber, "maneira, modo".
- Ou seja: "muitas formas ou maneiras". O termo composto
- "πολύτροπος" inclui significados de « souple, très varié »: "flexível, muito variado",

Processos Politrópicos – Etimologia

Segundo (Chantraine, 1968), o termo “politrópico”:

- origina do grego “πολύτροπος”, o qual é composto de “πολύς” e de “τρόπος”.
- “πολύς” inclui significados de « nombreux, vaste », a saber, “numeroso, vasto”.
- “τρόπος” inclui significados de « manière, mode », a saber, “maneira, modo”.
- Ou seja: “muitas formas ou maneiras”. O termo composto
- “πολύτροπος” inclui significados de « souple, très varié »: “flexível, muito variado”,
- indicando flexibilidade e a vasta variedade de processos que pode representar!

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1 = P_1 v_1^n = P_2 v_2^n \rightharpoondown$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1 = P_1 v_1^n = P_2 v_2^n \rightarrow$$

$$P = c_1 v^{-n};$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1 = P_1 v_1^n = P_2 v_2^n \rightharpoondown$$

$$P = c_1 v^{-n};$$

$$w_f = \int_1^2 P\,dv \rightharpoondown$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1 = P_1 v_1^n = P_2 v_2^n \rightharpoondown$$

$$P = c_1 v^{-n};$$

$$w_f = \int_1^2 P\, dv \rightharpoondown$$

$$w_f = c_1 \int_1^2 v^{-n}\, dv \rightharpoondown$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1 = P_1 v_1^n = P_2 v_2^n \rightharpoondown$$

$$P = c_1 v^{-n};$$

$$w_f = \int_1^2 P\,dv \rightharpoondown$$

$$w_f = c_1 \int_1^2 v^{-n}\,dv \rightharpoondown$$

$$w_f = P_1 v_1^n \int_1^2 v^{-n}\,dv.$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1 = P_1 v_1^n = P_2 v_2^n \rightharpoondown$$

$$P = c_1 v^{-n};$$

$$w_f = \int_1^2 P\, dv \rightharpoondown$$

$$w_f = c_1 \int_1^2 v^{-n}\, dv \rightharpoondown$$

$$w_f = P_1 v_1^n \int_1^2 v^{-n}\, dv.$$

A integração de v^{-n} toma formas diferentes dependendo se $n = 1$ ou não:

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1 = P_1 v_1^n = P_2 v_2^n \rightharpoondown$$

$$P = c_1 v^{-n};$$

$$w_f = \int_1^2 P\,dv \rightharpoondown$$

$$w_f = c_1 \int_1^2 v^{-n}\,dv \rightharpoondown$$

$$w_f = P_1 v_1^n \int_1^2 v^{-n}\,dv.$$

A integração de v^{-n} toma formas diferentes dependendo se $n = 1$ ou não:

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases}$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira

$$Pv^n = c_1 = P_1 v_1^n = P_2 v_2^n \rightharpoondown$$

$$P = c_1 v^{-n};$$

$$w_f = \int_1^2 P\,dv \rightharpoondown$$

$$w_f = c_1 \int_1^2 v^{-n}\,dv \rightharpoondown$$

$$w_f = P_1 v_1^n \int_1^2 v^{-n}\,dv.$$

A integração de v^{-n} toma formas diferentes dependendo se $n = 1$ ou não:

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases}$$

No último caso, o produto Pv pode ser tanto $P_1 v_1$ ou $P_2 v_2$, em função do próprio processo.

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira – Gases Ideais

Para gases ideais, $Pv = RT$, passando por um processo politrópico, $Pv^n = \text{const.}$, o resultado

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\[2ex] Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases}$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira – Gases Ideais

Para gases ideais, $Pv = RT$, passando por um processo politrópico, $Pv^n = \text{const.}$, o resultado

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases}$$

é válido, mas pode ser escrito como:

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira – Gases Ideais

Para gases ideais, $Pv = RT$, passando por um processo politrópico, $Pv^n = \text{const.}$, o resultado

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases}$$

é válido, mas pode ser escrito como:

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{R(T_2 - T_1)}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases} \quad \text{(gás ideal)}$$

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira – Gases Ideais

Para gases ideais, $Pv = RT$, passando por um processo politrópico, $Pv^n = \text{const.}$, o resultado

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases}$$

é válido, mas pode ser escrito como:

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{R(T_2 - T_1)}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases} \qquad \text{(gás ideal)}$$

Para gases ideais, expoente $n = 1$ significa:

Processos Politrópicos – Trabalho de Fronteira – Gases Ideais

Para gases ideais, $Pv = RT$, passando por um processo politrópico, $Pv^n = \text{const.}$, o resultado

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases}$$

é válido, mas pode ser escrito como:

$$w_f = \begin{cases} \dfrac{R(T_2 - T_1)}{1-n} & \text{para } n \neq 1, \\ Pv \ln\left(\dfrac{v_2}{v_1}\right) & \text{para } n = 1. \end{cases} \qquad \text{(gás ideal)}$$

Para gases ideais, expoente $n = 1$ significa:

$$Pv^1 = \text{const.} = RT \quad \rightarrow \quad T = \text{const.}$$

Tópicos de Leitura I

- Çengel, Y. A. e Boles, M. A.
  Termodinâmica 7ª *Edição*. Seção 4-1.
  AMGH. Porto Alegre. ISBN 978-85-8055-200-3.

Photo by Nuno Obey from Pexels

Parte II

Tópicos Especiais em Processos Politrópicos

Tópicos Especiais em Processos Politrópicos – Pré-Requisitos

Os tópicos especiais em processos politrópicos têm por pré-requisito:

- A primeira lei da Termodinâmica;
- O balanço de energia; e
- Propriedades energéticas de gases ideais.

Que constituem o tópico `A0303` desta série.

Tópicos Especiais – Fundamentação Teórica

Tomando-se a 1ª lei na forma diferencial e:

Tópicos Especiais – Fundamentação Teórica

Tomando-se a 1ª lei na forma diferencial e:

- definindo a razão de calor e trabalho, $K \equiv \frac{\delta q}{\delta w}$,

Tópicos Especiais – Fundamentação Teórica

Tomando-se a 1ª lei na forma diferencial e:

- definindo a razão de calor e trabalho, $K \equiv \frac{\delta q}{\delta w}$,
- também conhecida como razão de transferência de energia,

Tópicos Especiais – Fundamentação Teórica

Tomando-se a 1ª lei na forma diferencial e:

- definindo a razão de calor e trabalho, $K \equiv \frac{\delta q}{\delta w}$,
- também conhecida como razão de transferência de energia,
- e substituindo no balanço de energia na forma direfencial, tem-se:

Tópicos Especiais – Fundamentação Teórica

Tomando-se a 1ª lei na forma diferencial e:

- definindo a razão de calor e trabalho, $K \equiv \frac{\delta q}{\delta w}$,
- também conhecida como razão de transferência de energia,
- e substituindo no balanço de energia na forma direfencial, tem-se:

$$\delta q - \delta w = du \qquad \rightarrow$$

Tópicos Especiais – Fundamentação Teórica

Tomando-se a 1ª lei na forma diferencial e:

- definindo a razão de calor e trabalho, $K \equiv \frac{\delta q}{\delta w}$,
- também conhecida como razão de transferência de energia,
- e substituindo no balanço de energia na forma direfencial, tem-se:

$$\delta q - \delta w = du \quad \rightarrow$$

$$(K - 1)\delta w = du \quad \rightarrow$$

Tópicos Especiais – Fundamentação Teórica

Tomando-se a 1ª lei na forma diferencial e:

- definindo a razão de calor e trabalho, $K \equiv \frac{\delta q}{\delta w}$,
- também conhecida como razão de transferência de energia,
- e substituindo no balanço de energia na forma direfencial, tem-se:

$$\begin{aligned} \delta q - \delta w &= du && \rightharpoondown \\ (K-1)\delta w &= du && \rightharpoondown \\ (K-1)P\,dv &= du. \end{aligned}$$

Tópicos Especiais – Fundamentação Teórica (cont.)

Assumindo comportamento ideal da substância que compõe o sistema:

Tópicos Especiais – Processos Localmente Politrópicos

A SER CONTINUADO PARA A PARTE-II...

Tópicos de Leitura I

Çengel, Y. A. e Boles, M. A.
Termodinâmica 7ª *Edição*. Seção 4-1.
AMGH. Porto Alegre. ISBN 978-85-8055-200-3.

Photo by Brandon Montrone from Pexels