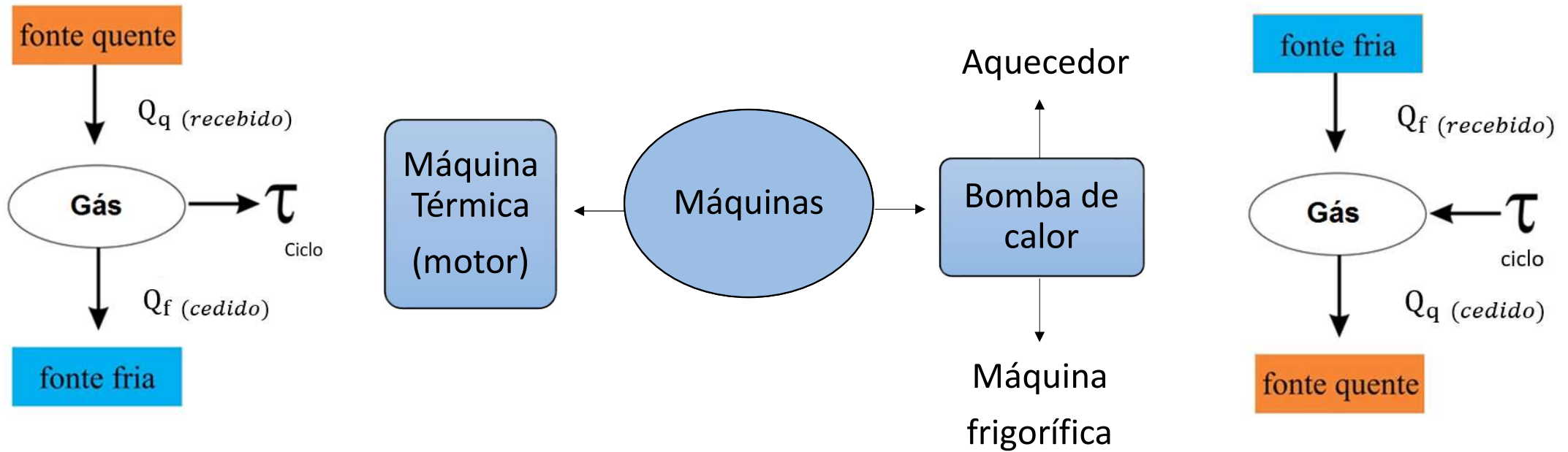


Máquina térmica e máquina frigorífica

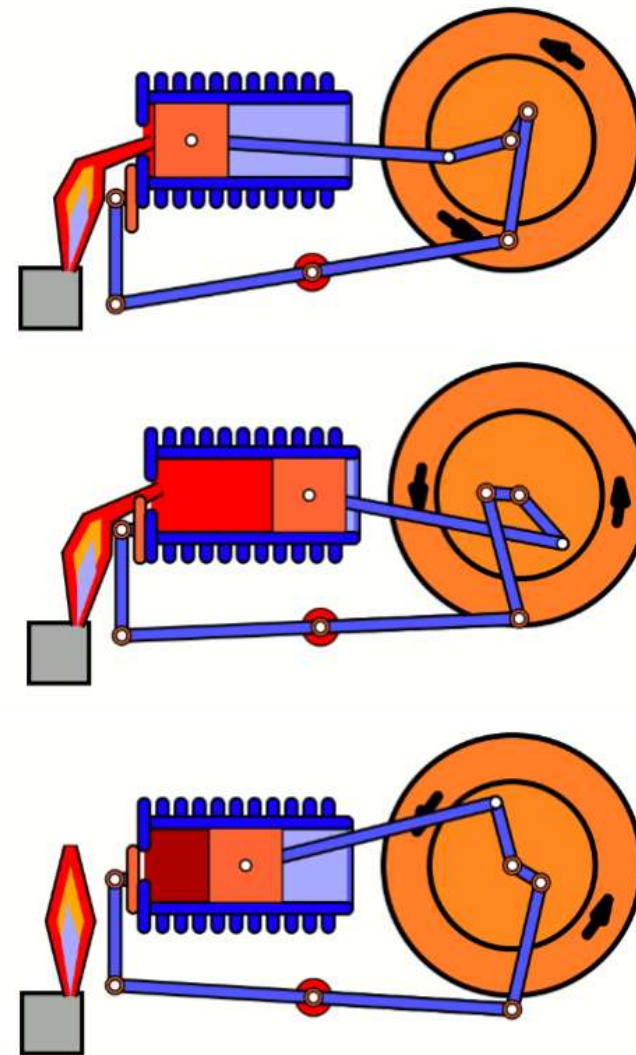
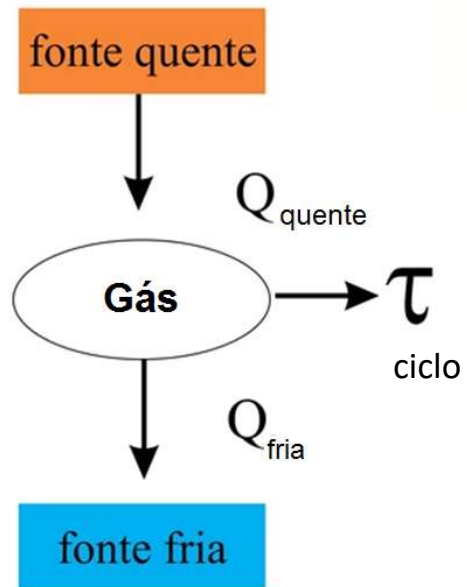
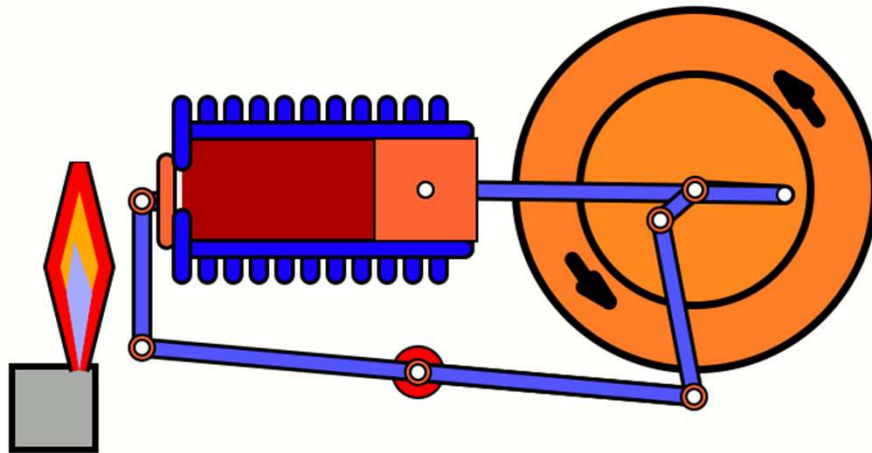
- Aulas 17 e 18 / Pg 491 / Alfa 3

Apresentação e demais documentos: fisicasp.com.br

1. Máquina térmica (motor) e máquina frigorífica



2. Máquina térmica (motor)

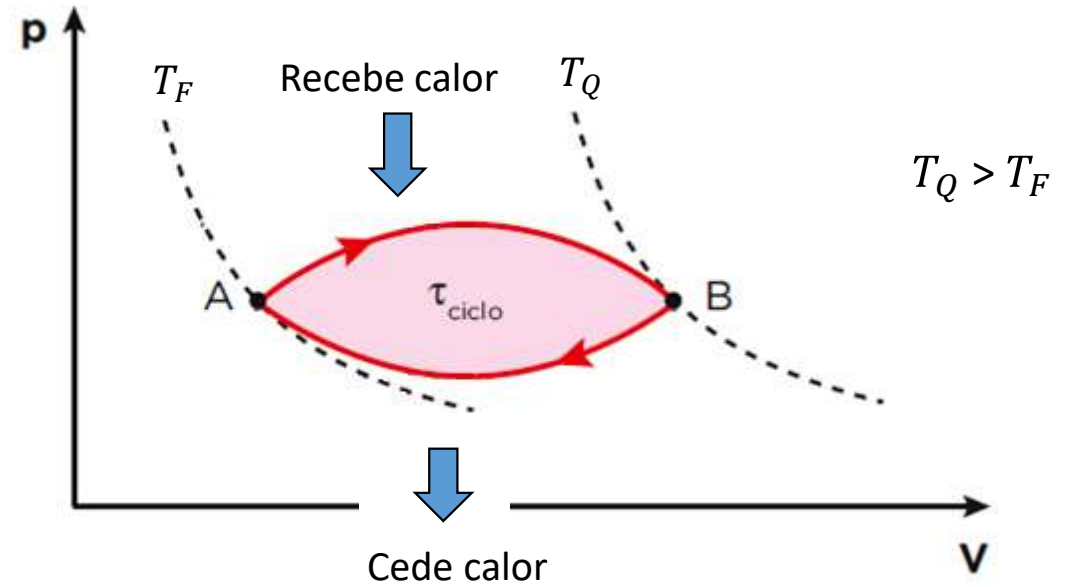
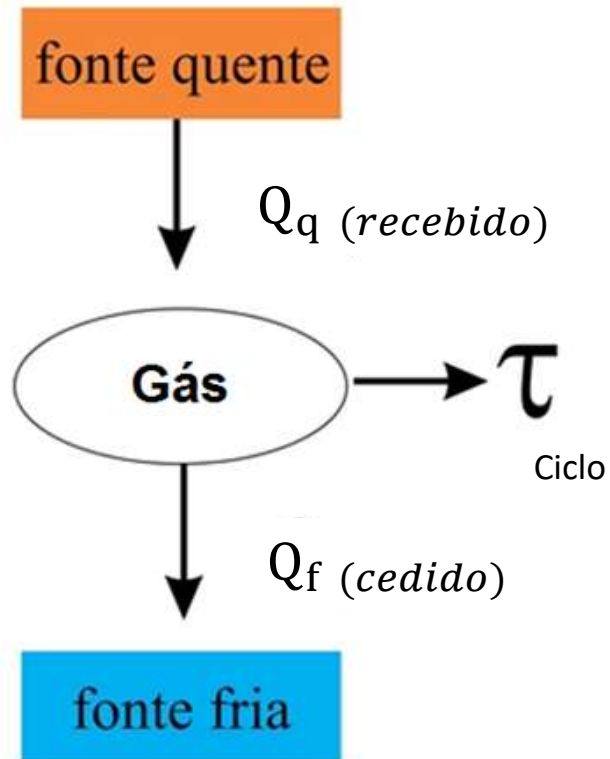


Expansão

Compressão

2. Máquina térmica (motor)

Conversão de parte da energia térmica em energia mecânica

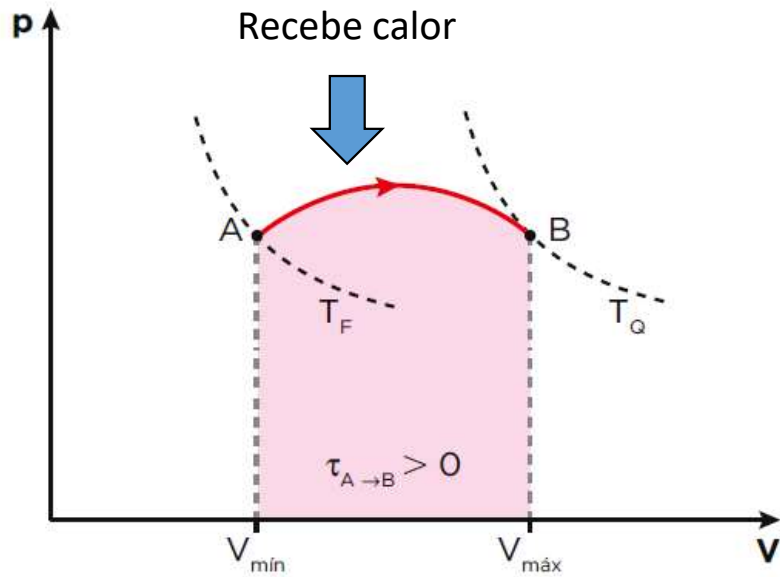


- Ciclo no sentido horário $\rightarrow \tau > 0$
- $\tau_{\text{ciclo}} = \tau_{\text{expansão}} - |\tau_{\text{compressão}}|$
- $Q_{\text{ciclo}} = Q_q$ (recebido) - $|Q_{\text{fria}}$ (cedido)|

$$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0 \Rightarrow \cancel{\Delta U_{\text{ciclo}}} = Q_{\text{ciclo}} - \tau_{\text{ciclo}} \Rightarrow Q_{\text{ciclo}} = \tau_{\text{ciclo}}$$

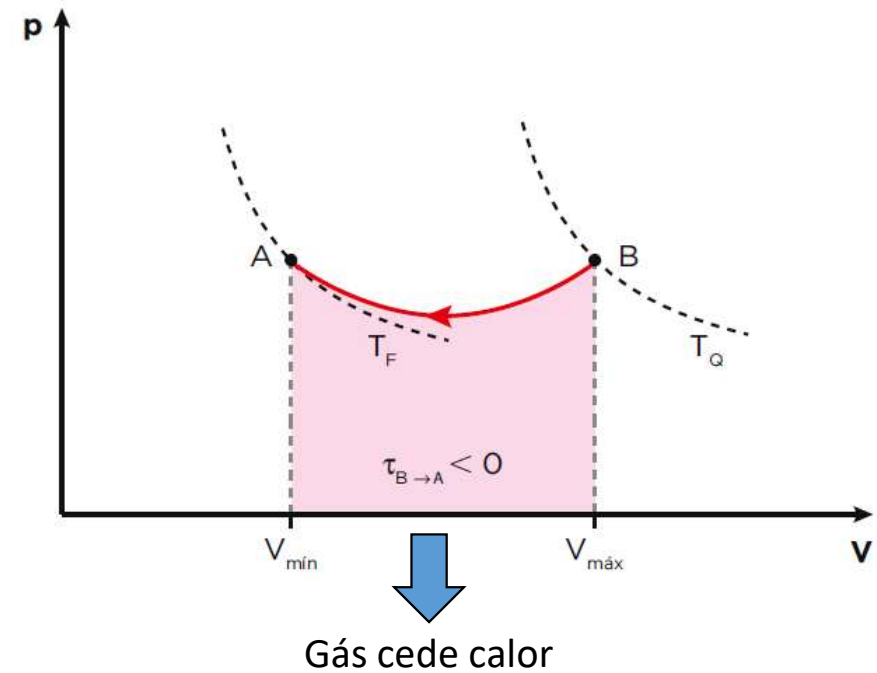
2. Máquina térmica (motor)

Expansão



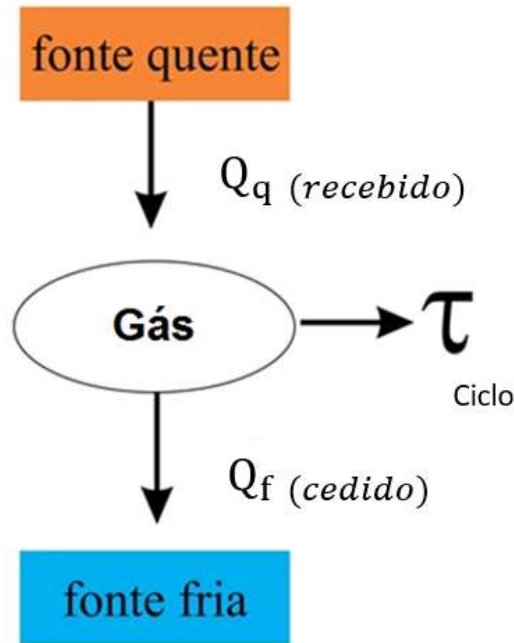
$$\left. \begin{array}{l} \Delta U_{AB} > 0 \\ \tau_{AB} > 0 \\ Q_{AB} > 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q_{AB} = \Delta U_{AB} + \tau_{AB} \\ (+) = (+) + (+) \end{array}$$

Compressão



$$\left. \begin{array}{l} \Delta U_{BA} < 0 \\ \tau_{BA} < 0 \\ Q_{BA} < 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q_{BA} = \Delta U_{BA} + \tau_{BA} \\ (-) = (-) + (-) \end{array}$$

2.2 Rendimento de uma máquina térmica (motor)



- Avalia o percentual de calor absorvido pelo gás que é convertido em trabalho.

$$n = \frac{\tau_{\text{ciclo}}}{Q_q} = \frac{Q_q - |Q_f|}{Q_q} = 1 - \frac{|Q_f|}{Q_q}$$

$$0 \leq n < 1(100\%)$$

$$Q_q(\text{rec}) = \tau_{\text{ciclo}} + |Q_f(\text{ced})|$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = Q_q(\text{rec}) - |Q_f(\text{ced})|$$

- Não existe máquina com rendimento 100%, ou seja, não existe máquina que converta todo o calor absorvido em trabalho útil! Parte do calor sempre é cedido à fonte fria.

2.3 - 2ª Lei da Termodinâmica

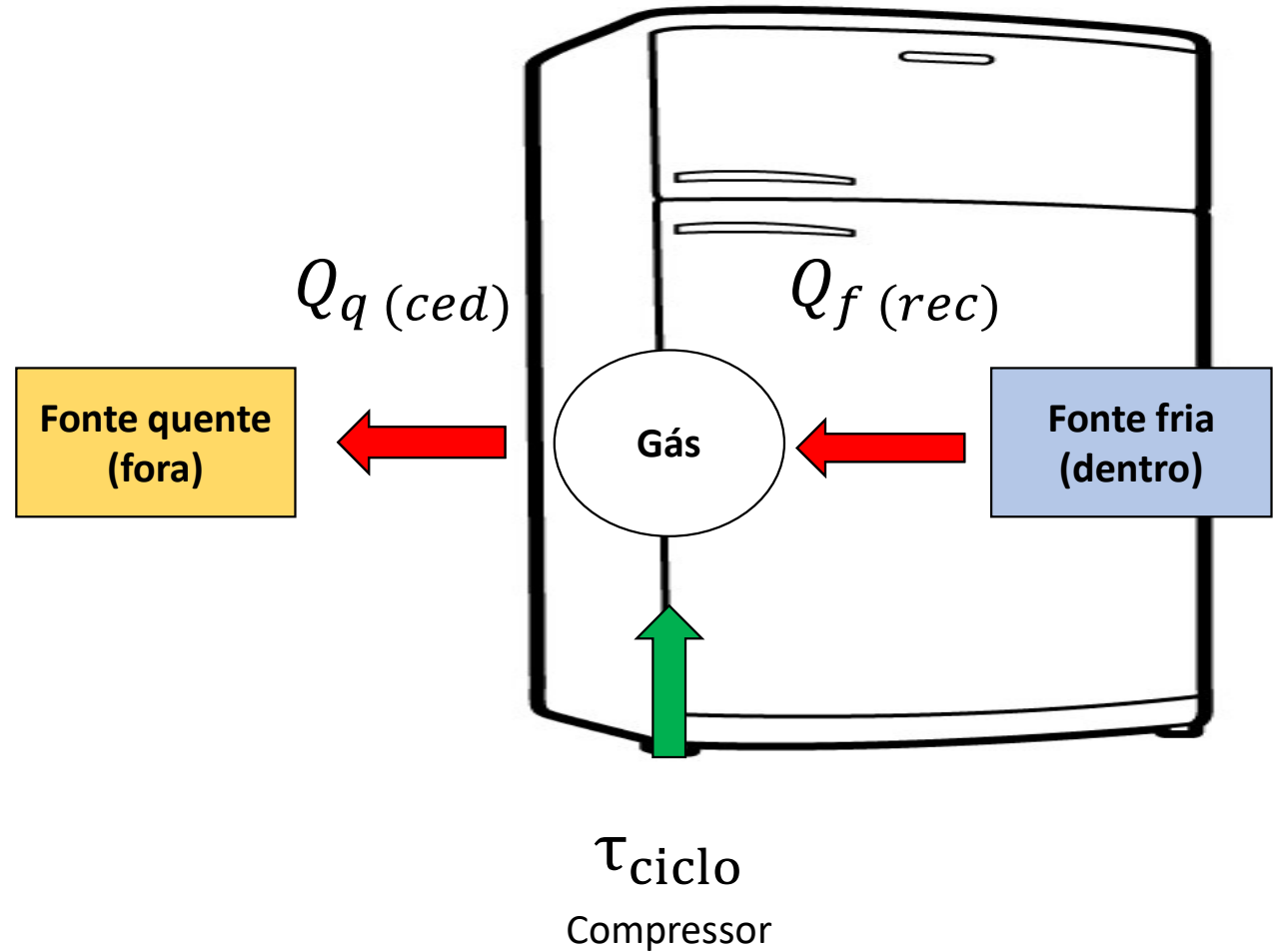
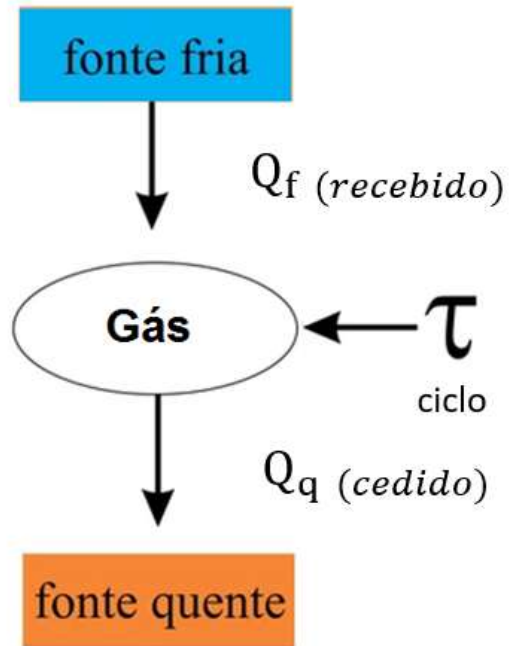
Enunciado de Kelvin-Planck

Não existe máquina térmica que tenha como único efeito receber energia térmica de uma fonte quente e convertê-la integralmente energia mecânica.

Interpretação: não existe um motor com rendimento 100%.

3. Máquina frigorífica

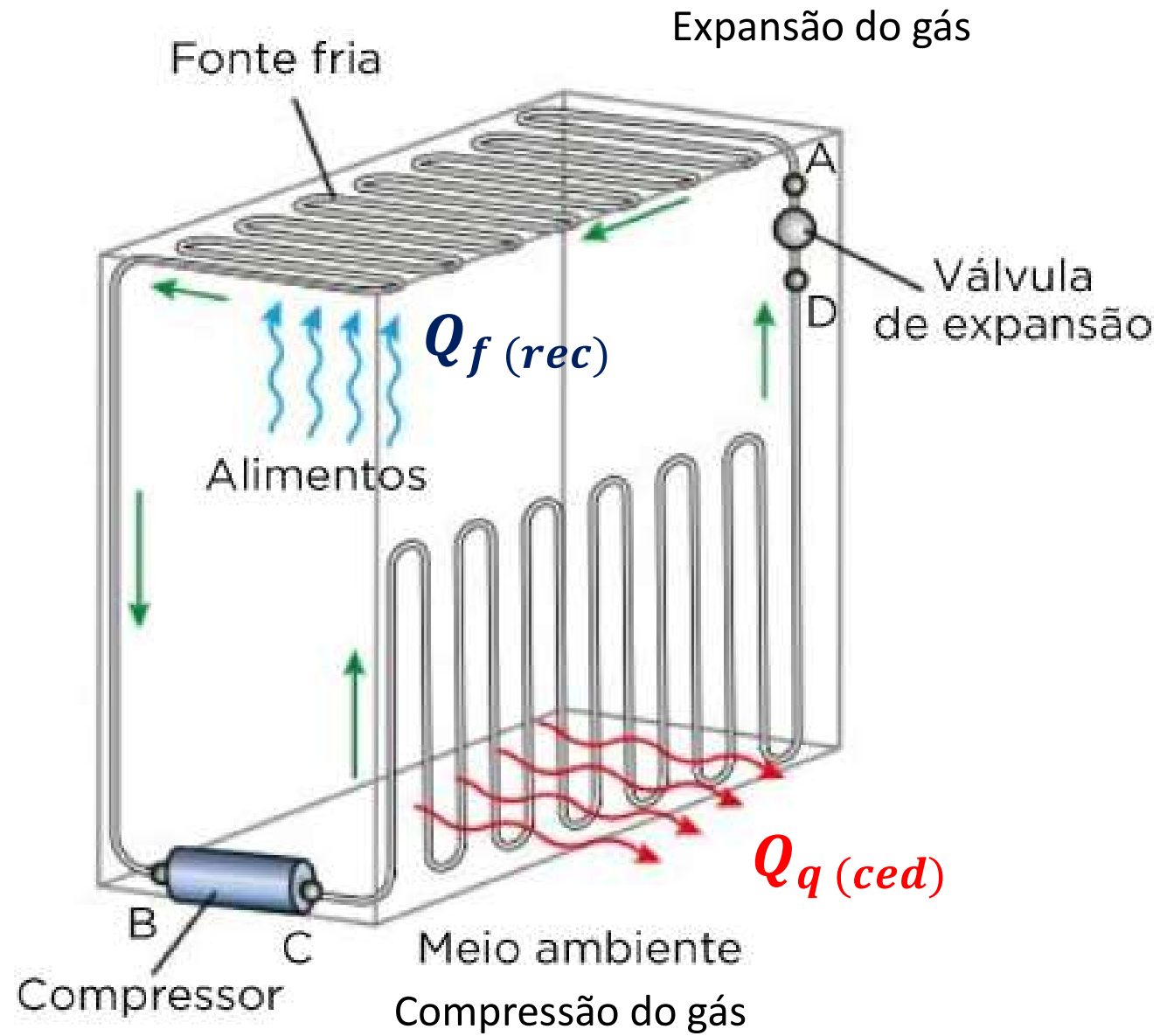
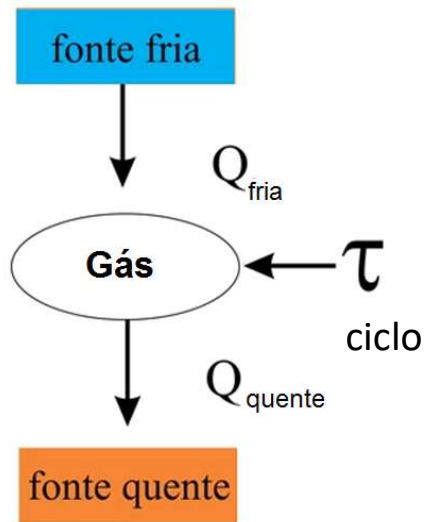
Conversão de Energia Mecânica em Energia Térmica



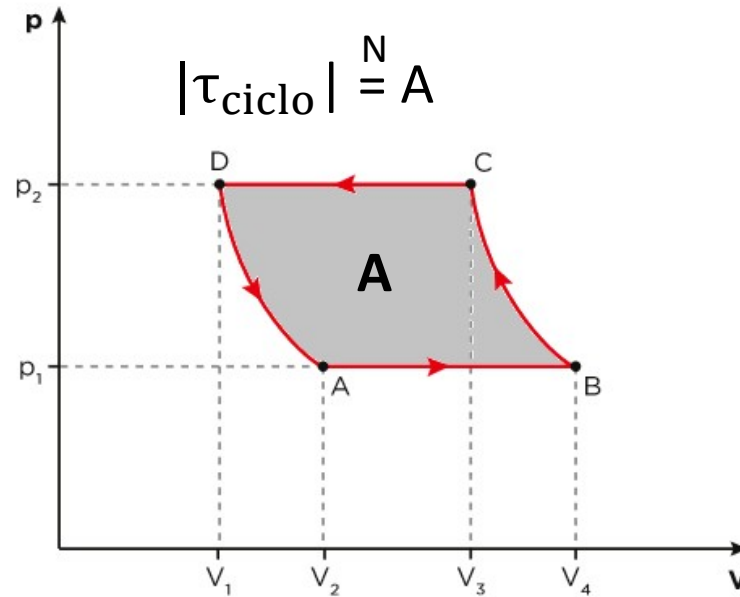
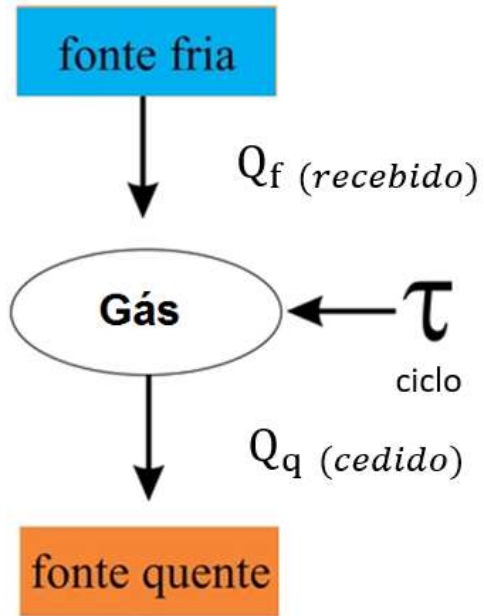
$$|Q_{q(ced)}| = |\tau_{\text{ciclo}}| + Q_{f(rec)}$$

3. Máquina frigorífica

- O gás retira calor ($Q_f (rec)$) parte interna (fonte fria) e despeja calor ($Q_q (ced)$) na parte externa (fonte quente).



3. Máquina frigorífica



Eficiência térmica

$$e = \frac{Q_{fria}}{|\tau_{ciclo}|}$$

e pode ser maior do que 1

- $\tau_{ciclo} < 0$ (sentido anti-horário)

$$|Q_{q(ced)}| = |\tau_{ciclo}| + Q_f(rec)$$

Exercícios da apostila

1 - (UEPG-PR) Em relação às máquinas térmicas, assinale o que for correto.

(01) Máquinas térmicas são dispositivos que convertem parte da energia térmica recebida em trabalho mecânico.

(02) O motor a combustão de um automóvel é um exemplo de máquina térmica.

(04) De acordo com a primeira lei da Termodinâmica, o calor adicionado a um sistema é numericamente igual à variação da energia interna do sistema mais o trabalho externo realizado pelo sistema.

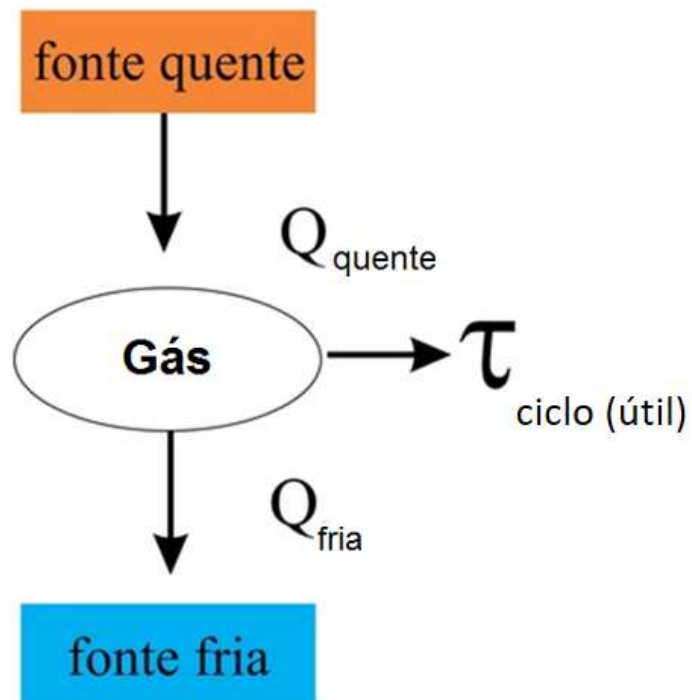
(08) As máquinas térmicas mais eficientes transformam todo o calor recebido de um reservatório quente em trabalho mecânico.

(16) O rendimento de uma máquina térmica é numericamente igual à razão entre a temperatura da fonte quente pela temperatura da fonte fria.

1 - (UEPG-PR) Em relação às máquinas térmicas, assinale o que for correto.

(01) Máquinas térmicas são dispositivos que convertem parte da energia térmica recebida em trabalho mecânico.

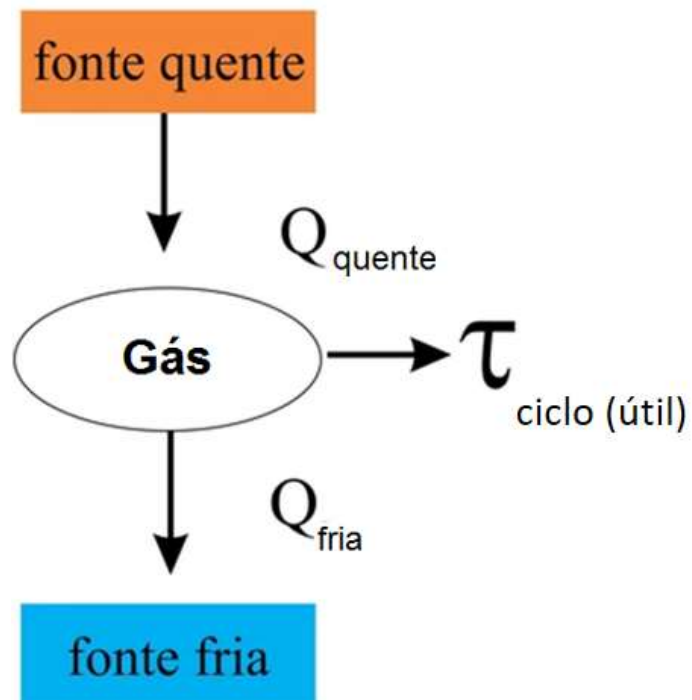
CORRETO



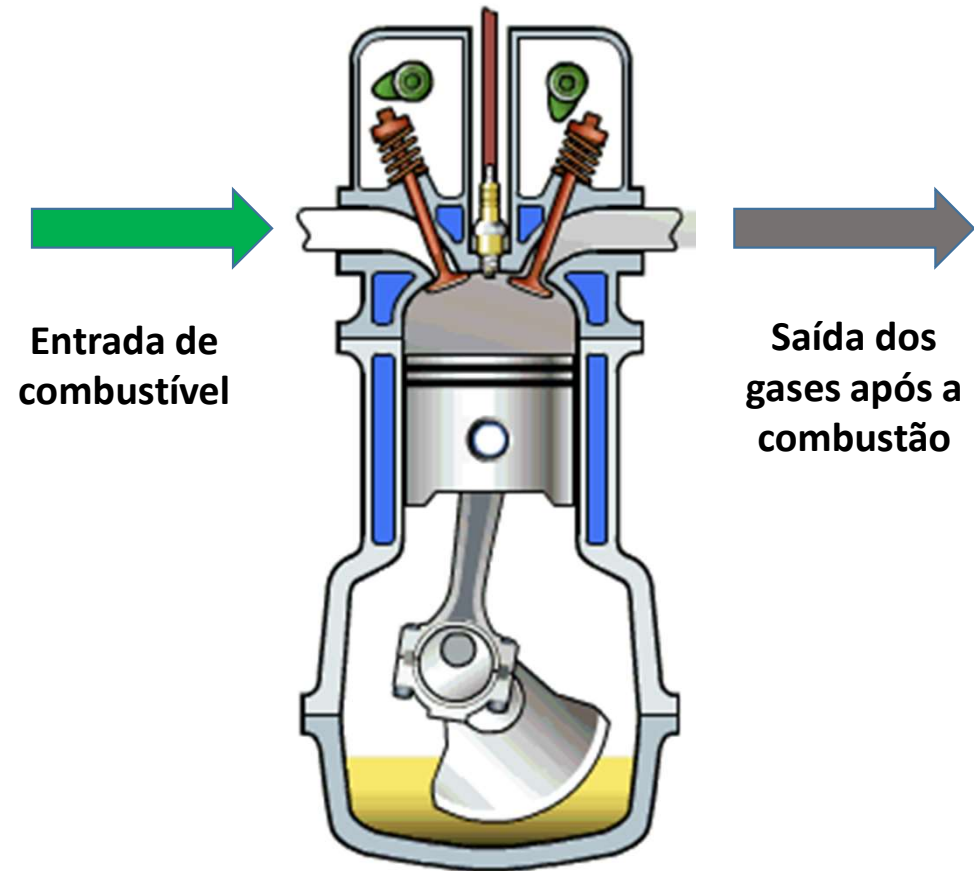
1 - (UEPG-PR) Em relação às máquinas térmicas, assinale o que for correto.

(02) O motor a combustão de um automóvel é um exemplo de máquina térmica.

CORRETO



How Engines Work



1 - (UEPG-PR) Em relação às máquinas térmicas, assinale o que for correto.

(04) De acordo com a primeira lei da Termodinâmica, o calor adicionado a um sistema é numericamente igual à variação da energia interna do sistema mais o trabalho externo realizado pelo sistema.

CORRETO

1ª Lei da termodinâmica

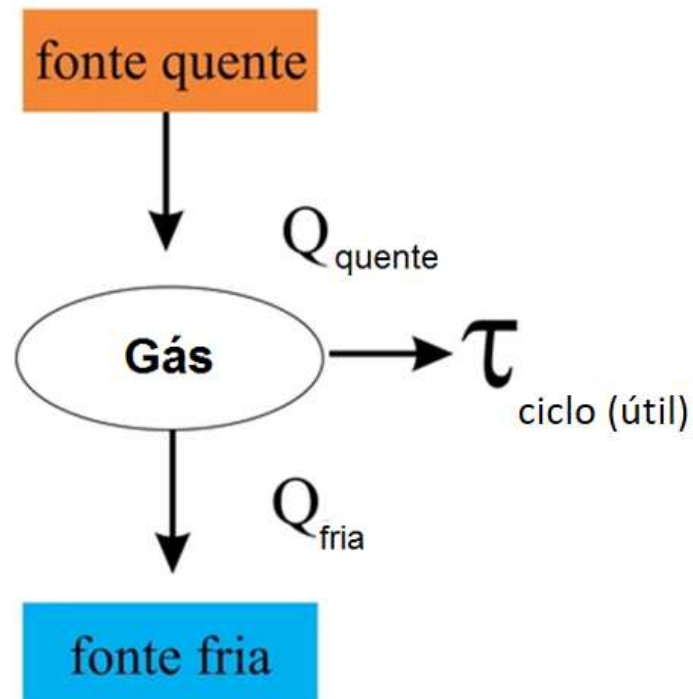
$$\Delta U = Q - \tau$$

$$Q = \Delta U + \tau$$

1 - (UEPG-PR) Em relação às máquinas térmicas, assinale o que for correto.

(08) As máquinas térmicas mais eficientes transformam todo o calor recebido de um reservatório quente em trabalho mecânico.

INCORRETO



$$n = \frac{\tau_{\text{ciclo}}}{Q_q}$$

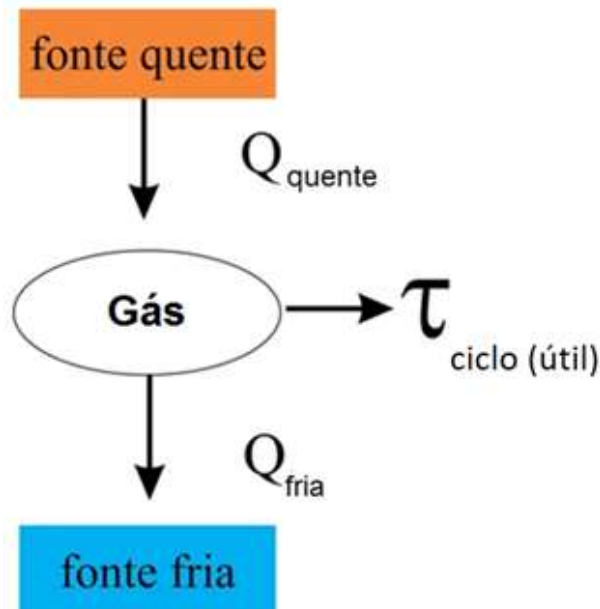
$$0 \leq n < 1(100\%)$$

Extra 1 - (UEPG-PR) Em relação às máquinas térmicas, assinale o que for correto.

(16) O rendimento de uma máquina térmica é numericamente igual à razão entre a temperatura da fonte quente pela temperatura da fonte fria.

INCORRETO

$$n = \frac{T_q}{T_f} ?$$



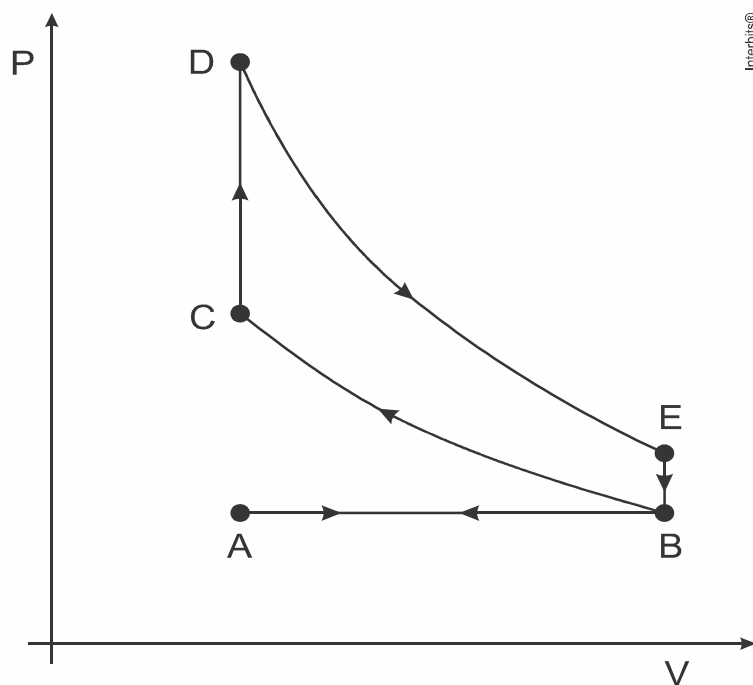
$$n = \frac{\tau_{\text{ciclo}}}{Q_q} = \frac{Q_q - |Q_f|}{Q_q} = 1 - \frac{|Q_f|}{Q_q}$$

$$0 \leq n < 1(100\%)$$

Resposta

$$01 + 02 + 04 = 07$$

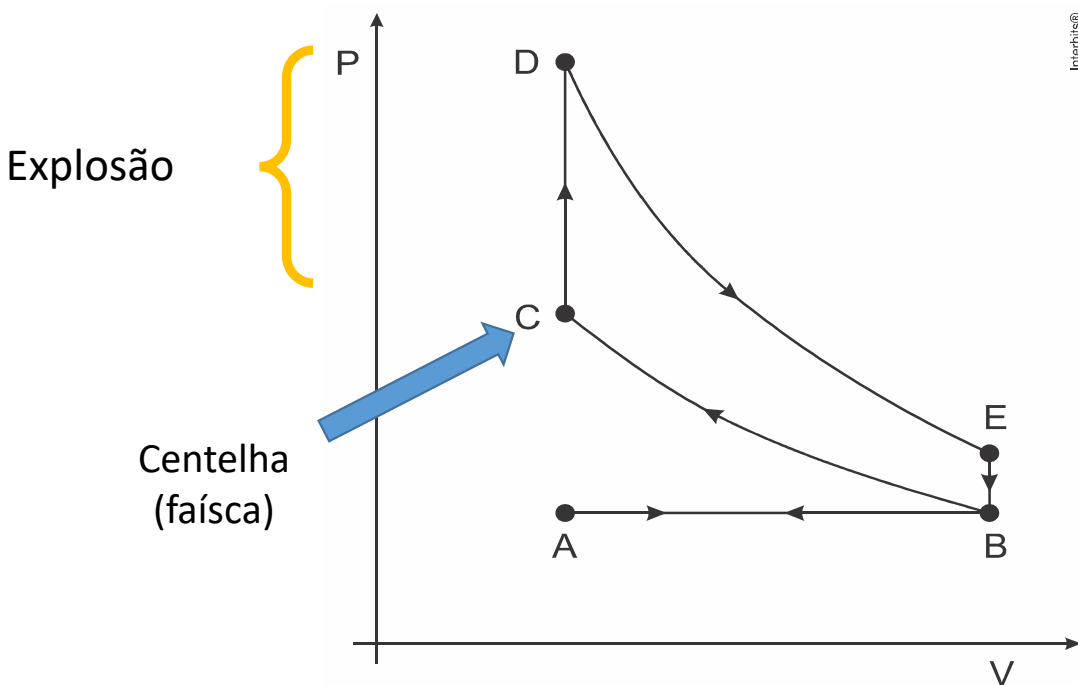
2 - (Enem) O motor de combustão interna, utilizado no transporte de pessoas e cargas, é uma máquina térmica cujo ciclo consiste em quatro etapas: admissão, compressão, explosão/expansão e escape. Essas etapas estão representadas no diagrama da pressão em função do volume. Nos motores a gasolina, a mistura ar/combustível entra em combustão por uma centelha elétrica.



Para o motor descrito, em qual ponto do ciclo é produzida a centelha elétrica?

- a) A b) B c) C d) D e) E

2 - (Enem) O motor de combustão interna, utilizado no transporte de pessoas e cargas, é uma máquina térmica cujo ciclo consiste em quatro etapas: admissão, compressão, explosão/expansão e escape. Essas etapas estão representadas no diagrama da pressão em função do volume. Nos motores a gasolina, a mistura ar/combustível entra em combustão por uma centelha elétrica.



AB: Admissão

BC: Compressão

Centelha (faísca)

CD: Explosão

DE: Expansão

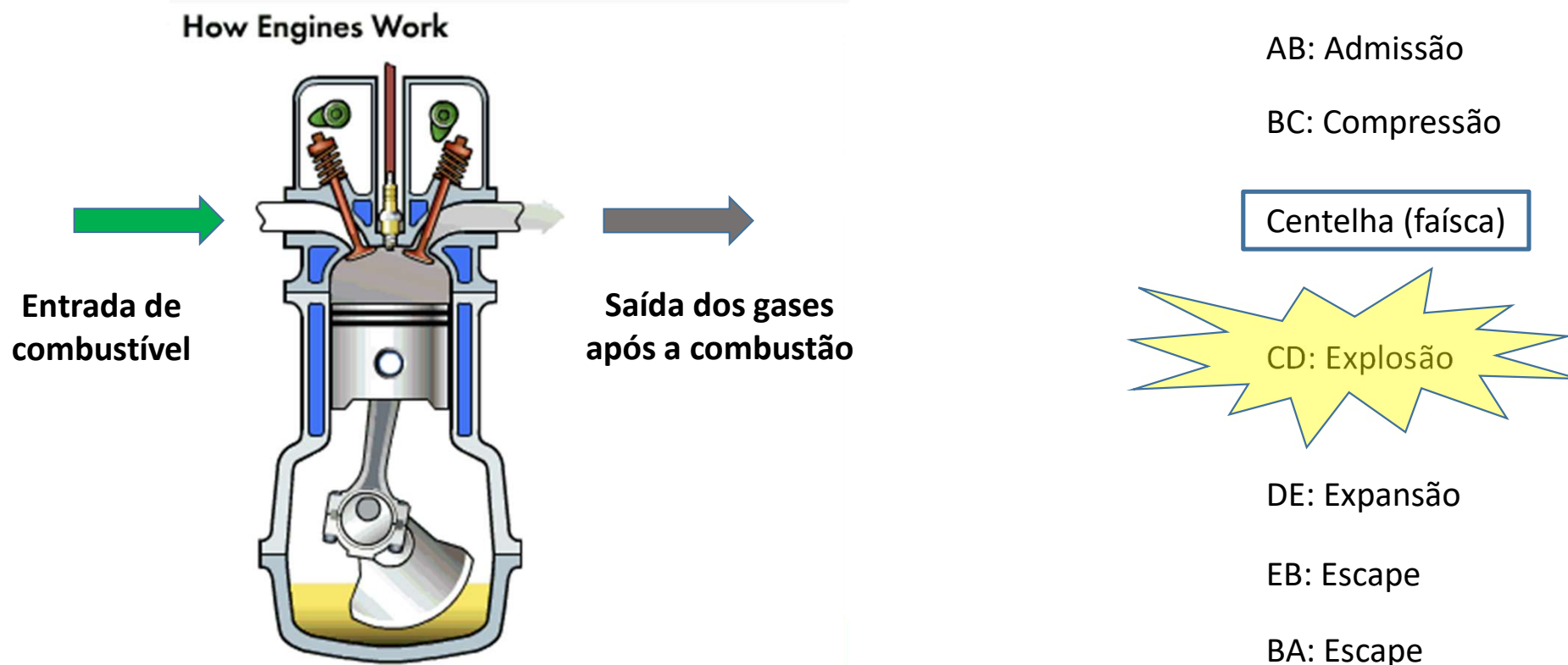
EB: Escape

BA: Escape

Para o motor descrito, em qual ponto do ciclo é produzida a centelha elétrica?

- a) A b) B c) C d) D e) E

2 - (Enem) O motor de combustão interna, utilizado no transporte de pessoas e cargas, é uma máquina térmica cujo ciclo consiste em quatro etapas: admissão, compressão, explosão/ expansão e escape. Essas etapas estão representadas no diagrama da pressão em função do volume. Nos motores a gasolina, a mistura ar/combustível entra em combustão por uma centelha elétrica.



Para o motor descrito, em qual ponto do ciclo é produzida a centelha elétrica?

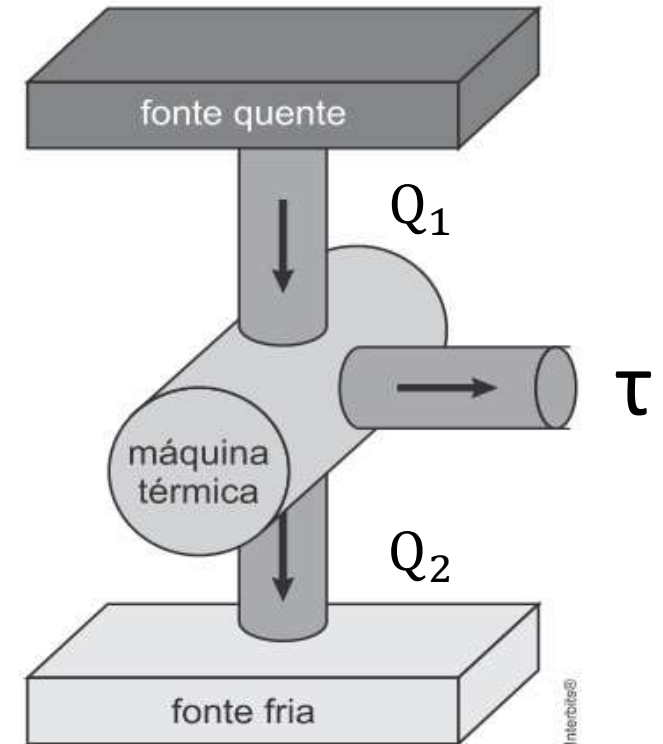
- a) A b) B c) C ← d) D e) E

Extras

Extra 1. (Famerp 2017) A figura representa o diagrama de fluxo de energia de uma máquina térmica que, trabalhando em ciclos, retira calor (Q_1) de uma fonte quente. Parte dessa quantidade de calor é transformada em trabalho mecânico (τ) e a outra parte (Q_2) transfere-se para uma fonte fria. A cada ciclo da máquina, Q_1 e Q_2 são iguais, em módulo, respectivamente, a 4000J e 2.800J .

Sabendo que essa máquina executa 3.000 ciclos por minuto, calcule:

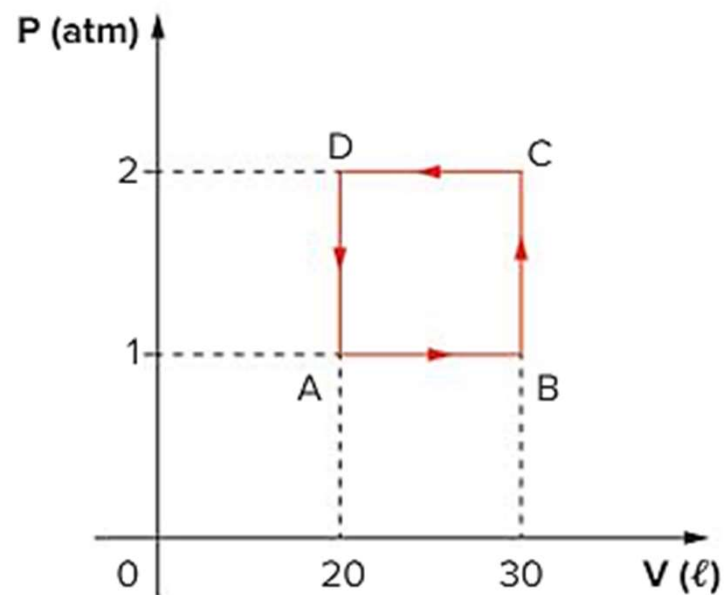
- o rendimento dessa máquina.
- a potência, em watts, com que essa máquina opera.



Extra 2. (Fuvest 2015) O desenvolvimento de teorias científicas, geralmente, tem forte relação com contextos políticos, econômicos, sociais e culturais mais amplos. A evolução dos conceitos básicos da Termodinâmica ocorre, principalmente, no contexto

- a) da Idade Média.
- b) das grandes navegações.
- c) da Revolução Industrial.
- d) do período entre as duas grandes guerras mundiais.
- e) da Segunda Guerra Mundial.

Extra 3 . Considere o seguinte diagrama $P \times V$ executado sobre 0,5 mol de um gás monoatômico e responda ao que se pede.



- Identifique o tipo de máquina térmica.
- Qual o trabalho necessário, em joules, para a máquina completar um ciclo?
- Obtenha o rendimento, se a máquina for um motor térmico, ou a eficiência térmica, se ela for uma bomba de calor.

Dado: $1 \text{ atm} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Extra 4 - FUVEST - Em uma sala fechada e isolada termicamente, uma geladeira, em funcionamento, tem, num dado instante, sua porta completamente aberta. Antes da abertura dessa porta, a temperatura da sala é maior que a do interior da geladeira. Após a abertura da porta, a temperatura da sala,

- a) diminui até que o equilíbrio térmico seja estabelecido.
- b) diminui continuamente enquanto a porta permanecer aberta.
- c) diminui inicialmente, mas, posteriormente, será maior do que quando a porta foi aberta.
- d) aumenta inicialmente, mas, posteriormente, será menor do que quando a porta foi aberta.
- e) não se altera, pois se trata de um sistema fechado e termicamente isolado.