COLEGIO EXPOVEST

A TERMODINÂMICA – NO ENEM

Prof. Ítalo Rodrigues Guedes

facebook.com/itallorg

itallorg

"Gênio é um por cento de inspiração e noventa e nove por cento de transpiração."

Thomas Edison

1 - OBJETIVO

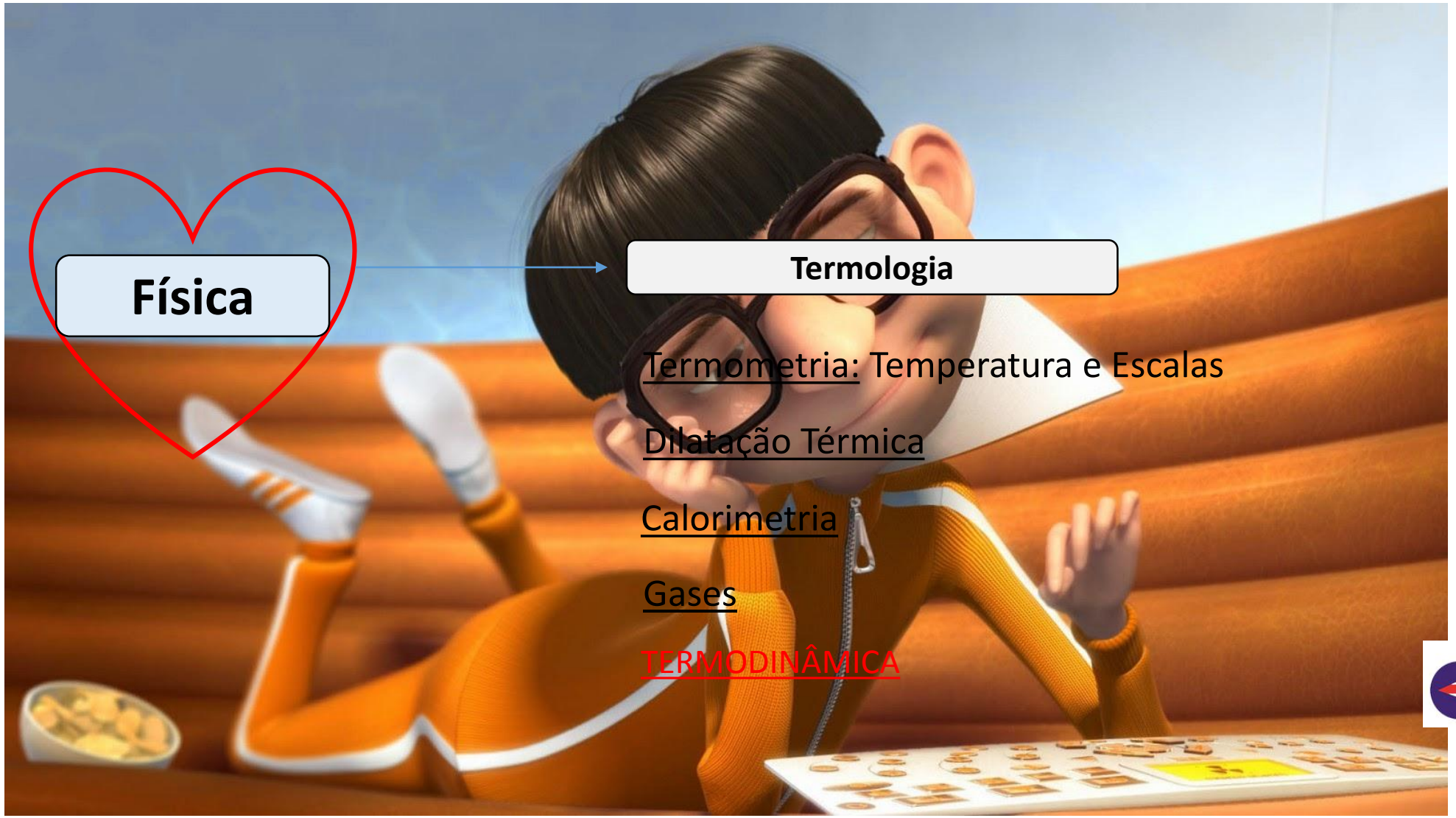
Nosso objetivo neste Micro *Episódio* é mitigar sobre o tema:

- Termodinâmica

- Como tem sido a cobrança no ENEM nos últimos exames?

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

2 – VAMOS POSICIONAR ESSA LINDEZA NA FÍSICA...



Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

3 – O QUE ESTUDA ESSE TROÇO?

Termodinâmica

A **Termodinâmica** é a área da Física que investiga os processos pelos quais calor se converte em trabalho ou trabalho se converte em calor.

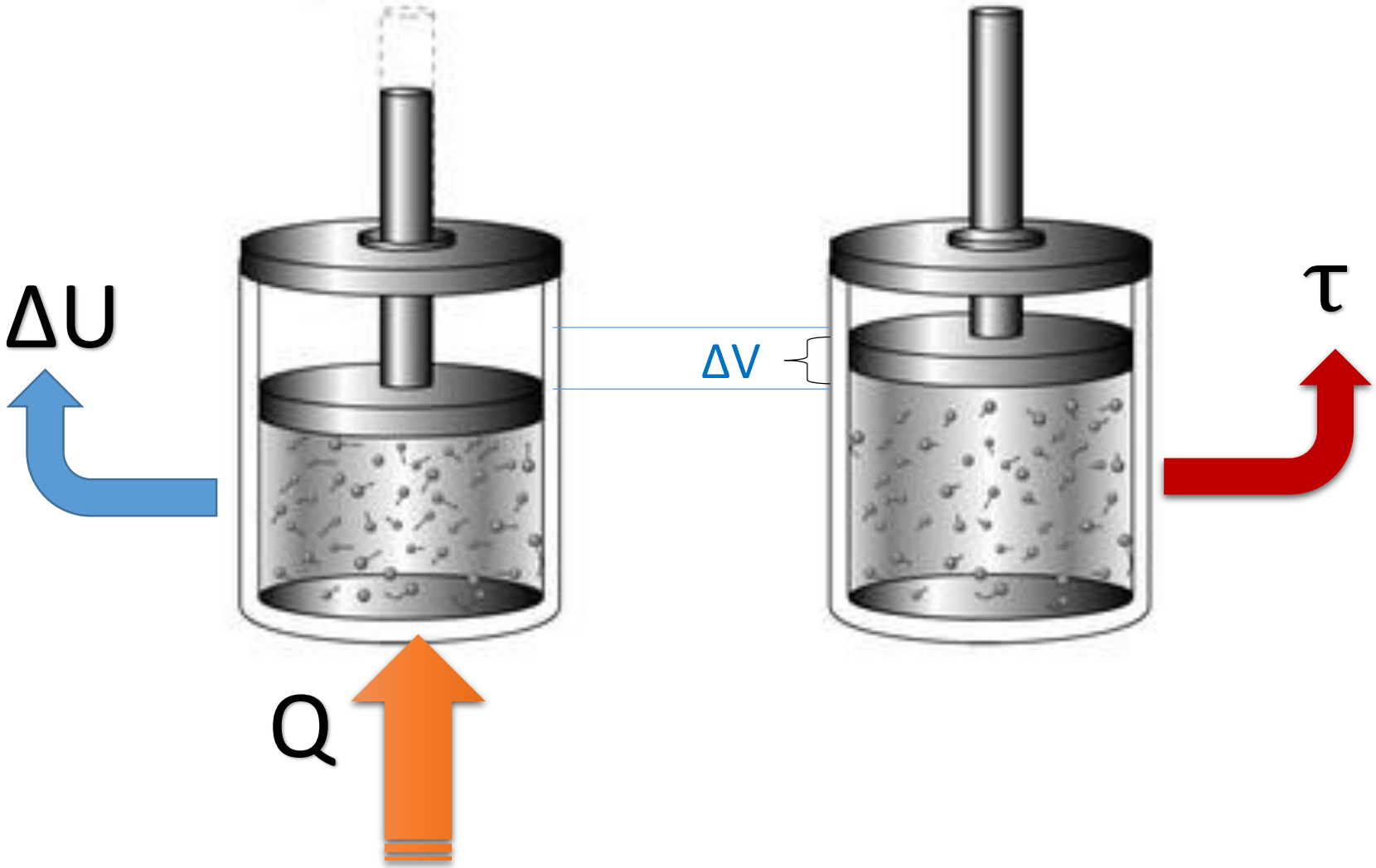
Calor → Gás ideal → **Trabalho**

É energia térmica em trânsito entre corpos a diferentes temperaturas

É energia transferida entre sistemas por meio de uma força

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

4 – ESQUEMA GERAL



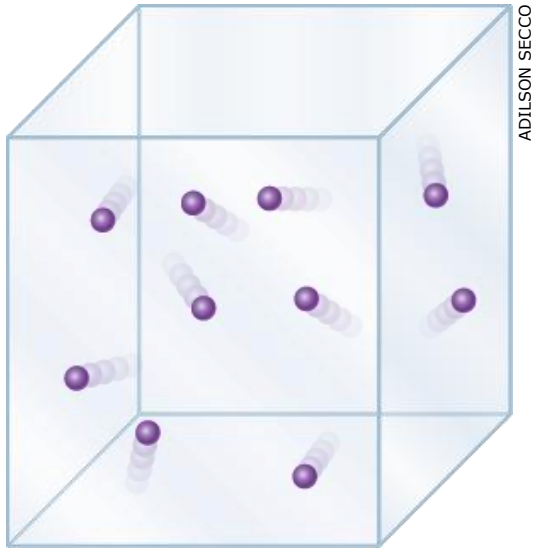
Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

5 – ENTENDO MELHOR ESTES PARÂMETROS

5.1 - Energia interna de um gás

As moléculas de um gás estão em constante movimentação. Dentre outras formas de energia, as moléculas possuem energia cinética.

A energia interna do gás, que passamos a representar por *U*, corresponde à soma das energias cinéticas de todas as moléculas do gás.



Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

5 – ENTENDO MELHOR ESTES PARÂMETROS

5.1 - Energia interna de um gás

Essa energia depende da quantidade de gás e de sua temperatura absoluta. Para um gás perfeito monoatômico, demonstra-se que:

$$\boxed{U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T} \xrightarrow{\text{Mas: } p \cdot V = n \cdot R \cdot T} \boxed{U = \frac{3}{2} \cdot p \cdot V}$$

Lei de Joule

Para uma dada massa de gás perfeito... Se n = constante,

a energia interna ***U*** depende exclusivamente de sua temperatura absoluta ***T***.

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

5 – ENTENDO MELHOR ESTES PARÂMETROS

5.1 – A Variação da Energia interna de um gás

Portanto, a variação da energia interna ΔU de um sistema termodinâmico é o resultado de um balanço energético entre o calor Q trocado e o trabalho τ envolvido na transformação.

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

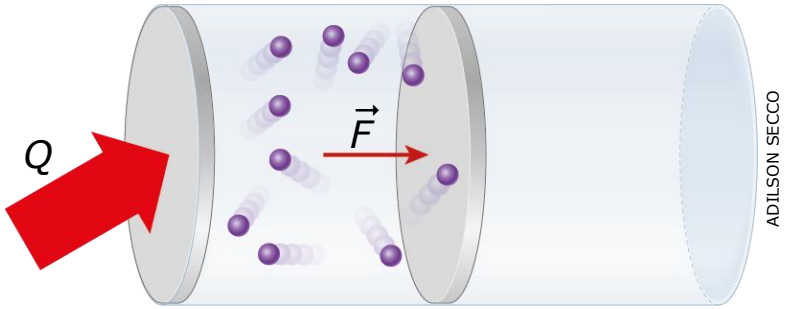
ΔU
- $\Delta U > 0 \Leftrightarrow T$ aumenta $\Leftrightarrow$ o sistema esquenta
- $\Delta U = 0 \Leftrightarrow T$ constante **(transformação isotérmica)** ou $T_{final} = T_{inicial}$
- $\Delta U < 0 \Leftrightarrow T$ diminui $\Leftrightarrow$ o sistema esfria

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

5 – ENTENDO MELHOR ESTES PARÂMETROS

5.2 - Trabalho

Consideremos determinada quantidade de gás contida em um cilindro provido de êmbolo que pode deslizar sem atrito.



Expansão do gás

Cálculo do trabalho da força *F*

Como: $\tau = F \cdot d$ e: $p = F/A$

Então, $\tau = p \cdot A \cdot d$

Mas: $A \cdot d = \Delta V$

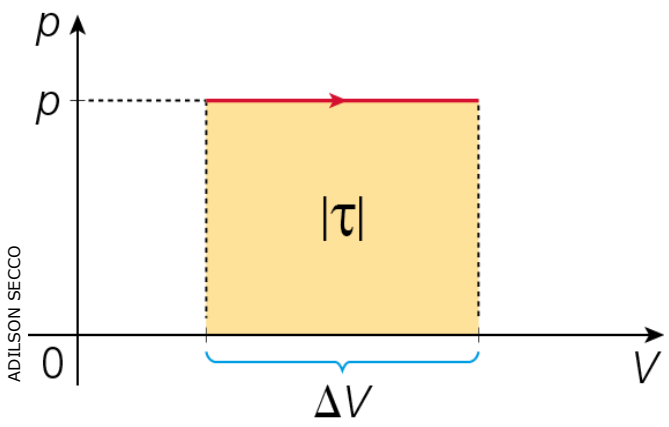
Portanto, $\boxed{\tau = p \cdot \Delta V}$ **(válido quando *p* = constante)**

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

5 – ENTENDO MELHOR ESTES PARÂMETROS

5.2 - Trabalho

Analisando graficamente



$$\tau = p \cdot \Delta v$$

$$|\tau| = \text{“área” sob } p \times V$$

Essa propriedade pode ser generalizada e válida mesmo que a pressão *p* exercida pelo gás durante a transformação varie. Então, em qualquer transformação gasosa:

$$|\tau| = \text{“área” sob } p \times V \begin{cases} \text{Se } V \text{ aumenta} \Rightarrow \tau > 0 \text{ (o gás realiza trabalho)} \\ \text{Se } V = \text{constante} \Rightarrow \tau = 0 \text{ (transformação isocórica)} \\ \text{Se } V \text{ diminui} \Rightarrow \tau < 0 \text{ (o gás recebe trabalho)} \end{cases}$$

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

6 – PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

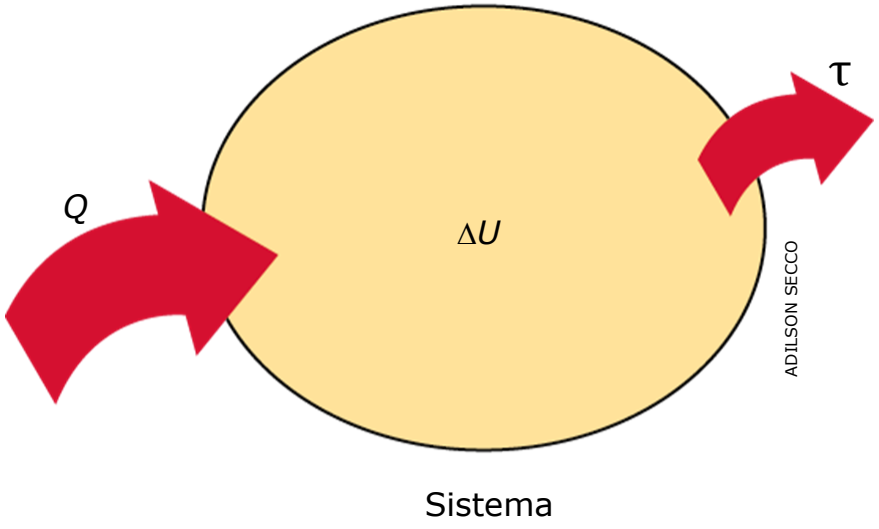
A primeira lei da Termodinâmica é uma lei de conservação de energia que mostra a equivalência entre calor e trabalho.

De acordo com essa lei:

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

Ou...

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



Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

7 – AS TRANSFORMAÇÕES ANALISADAS NAS FRENTES DE:

GASES

TERMODINÂMICA

Isotérmica
Mesma Temperatura

$$\frac{p_i v_i}{\cancel{t_i}} = \frac{p_f v_f}{\cancel{t_f}}$$

Logo: $\boxed{p_i v_i = p_f v_f}$

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

Se $t_i = t_f$: $Q = \cancel{\Delta U} + \tau$

Portanto: $\boxed{Q = \tau}$

Isovolumétrica
Mesmo Volume

$$\frac{p_i \cancel{v_i}}{t_i} = \frac{p_f \cancel{v_f}}{t_f}$$

Logo: $\boxed{\frac{p_i}{t_i} = \frac{p_f}{t_f}}$

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

Se $v_i = v_f$: $Q = \Delta U + \cancel{\tau}$

Portanto: $\boxed{Q = \Delta U}$

Isobárica
Mesma Pressão

$$\frac{\cancel{p_i} v_i}{t_i} = \frac{\cancel{p_f} v_f}{t_f}$$

Logo: $\boxed{\frac{v_i}{t_i} = \frac{v_f}{t_f}}$

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

Se $p_i = p_f$: $\tau = p \cdot \Delta v$

Portanto: $\boxed{Q = \Delta U + \tau}$

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

7 – AS TRANSFORMAÇÕES ANALISADAS NAS FRENTES DE:

TERMODINÂMICA

Adiabática

Q = 0

Não é fornecido

Calor ao sistema

$$Q = \Delta U + \tau \qquad \text{Se } Q = 0: \quad \cancel{Q} = \Delta U + \tau$$

Portanto: $\boxed{\Delta U = -\tau}$ (1)

GASES

Se houve uma Expansão Adiabática

(2) $$\frac{p_i v_i}{t_i} = cte$$

Expansão, significa aumento do Volume, para satisfazer a equação 2

- A Pressão diminui

(3) $$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

Para satisfazer a equação 3

- A Temperatura diminui

Se houve uma Compreensão Adiabática

(2) $$\frac{p_i v_i}{t_i} = cte$$

Compressão, significa diminuição do Volume, para satisfazer a equação 2

- A Pressão aumenta

(3) $$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

Para satisfazer a equação 3

- A Temperatura aumenta

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

7 – AS TRANSFORMAÇÕES ANALISADAS NAS FRENTES DE:

GASES **TERMODINÂMICA**

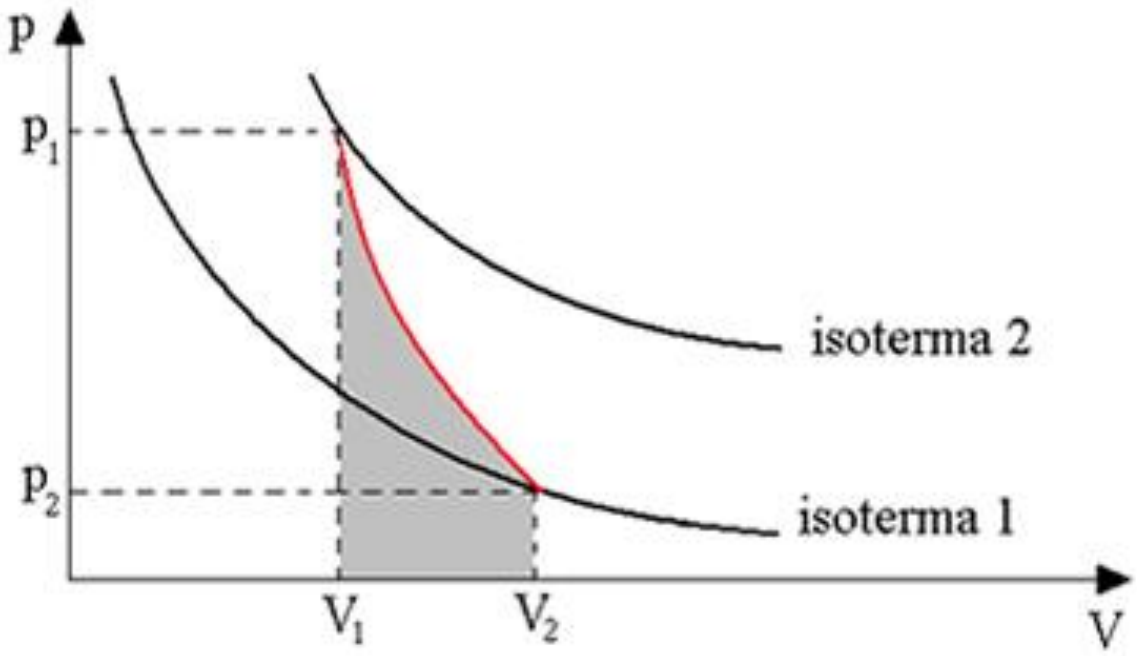
Adiabática

Q = 0

Não é fornecido

Calor ao sistema

Um gráfico para ilustrar melhor essa lindeza...



Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

8 – A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

A segunda lei da Termodinâmica pode ser enunciada de diferentes maneiras.

Calor não flui espontaneamente de um corpo com menor temperatura para um corpo com maior temperatura.

Enunciado de Kelvin-Planck

Para as máquinas térmicas:

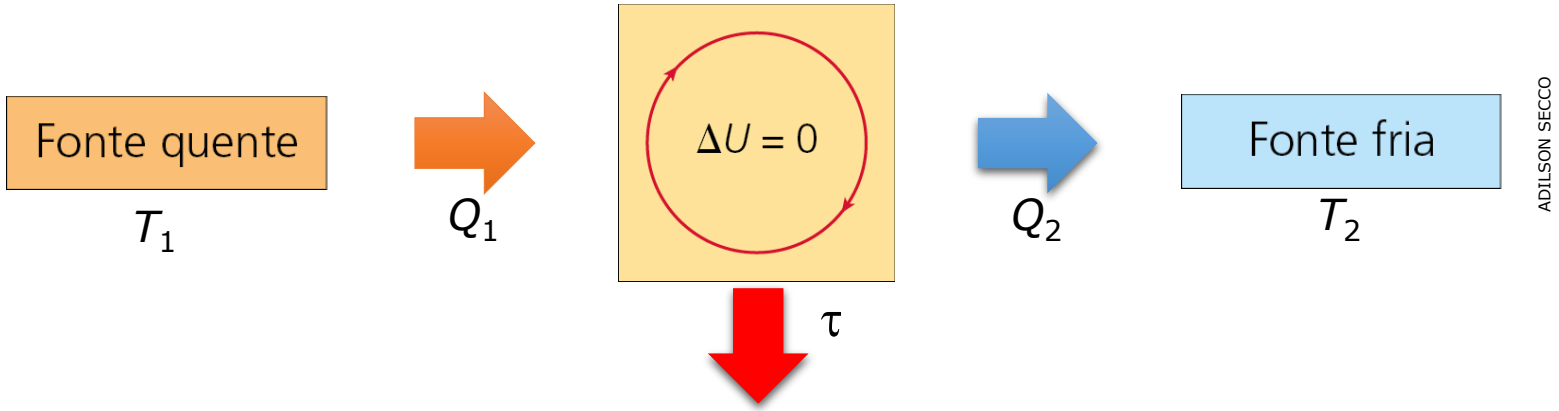
É impossível a uma máquina térmica operando em ciclo converter integralmente calor em trabalho.

Enunciado de Kelvin-Planck

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

8 – A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

A segunda lei da Termodinâmica, aplicada às **máquinas térmicas**, pode ser assim resumida:



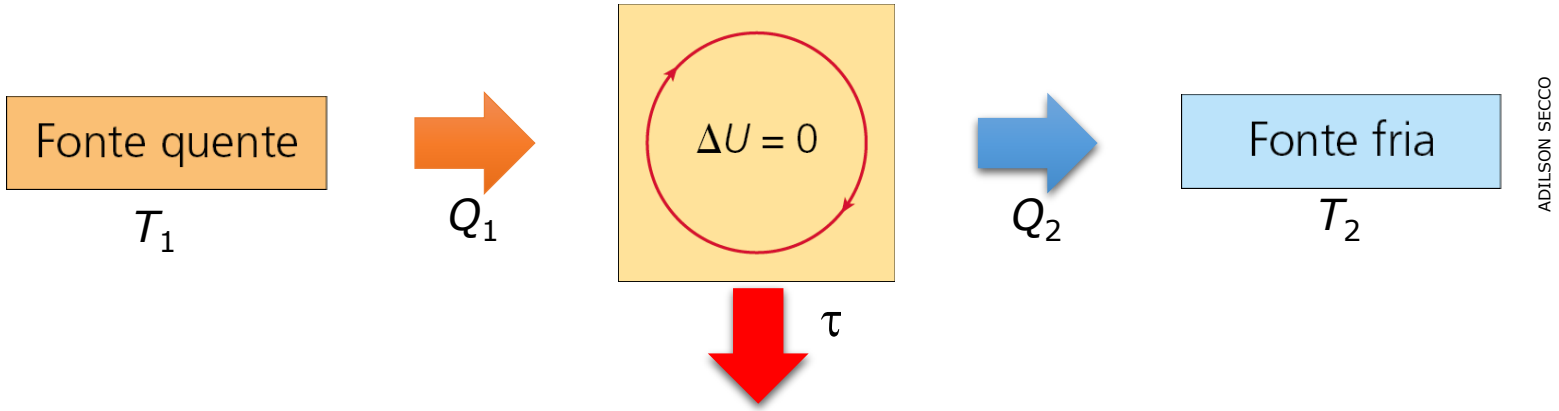
Pela primeira lei da Termodinâmica:

$$\boxed{\tau = Q_1 - Q_2}$$

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

8 – A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

A segunda lei da Termodinâmica, aplicada às **máquinas térmicas**, pode ser assim resumida:



Define-se o rendimento η como:

$$\eta = \frac{\text{trabalho útil}}{\text{calor recebido}} \Rightarrow \eta = \frac{\tau}{Q_1} \quad \text{ou} \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

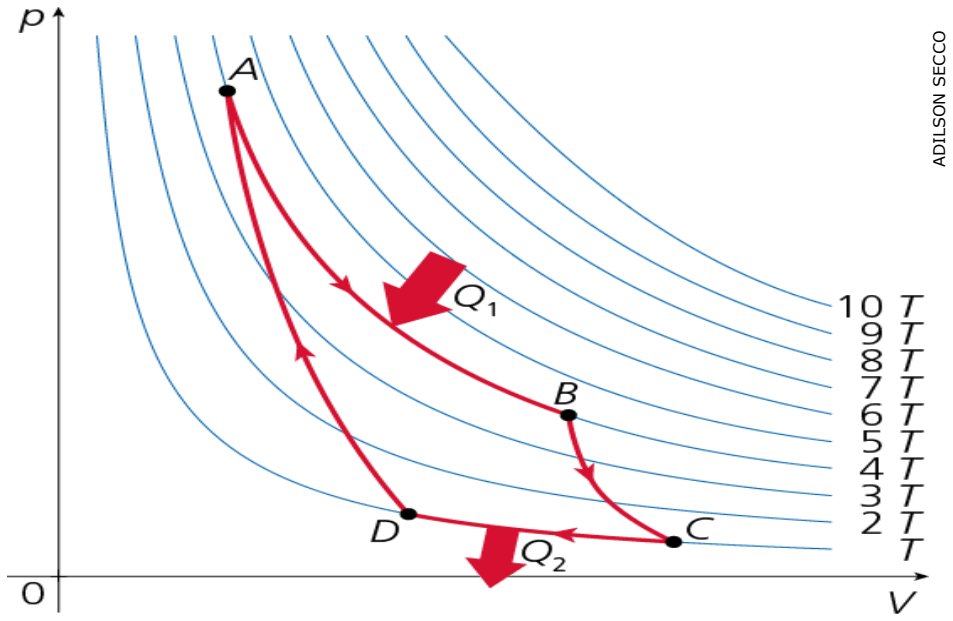
Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

8 – A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

8.1 – O Ciclo de Carnot

O ciclo de Carnot é o ciclo teórico que, ao operar entre as temperaturas T_1 e T_2, apresenta o máximo rendimento, quando comparado a qualquer outro ciclo.

É constituído por duas **transformações isotérmicas** alternadas a duas **transformações adiabáticas:**



$A \longrightarrow B$: Expansão isotérmica

$B \longrightarrow C$: Expansão adiabática

$C \longrightarrow D$: Compressão isotérmica

$D \longrightarrow A$: Compressão adiabática

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

8 – A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

8.1 – O Ciclo de Carnot

Rendimento

No ciclo de Carnot, o calor trocado é proporcional à temperatura absoluta da fonte, isto é:

$$Q = k \cdot T$$

Calculemos, então, o rendimento de uma máquina de Carnot:

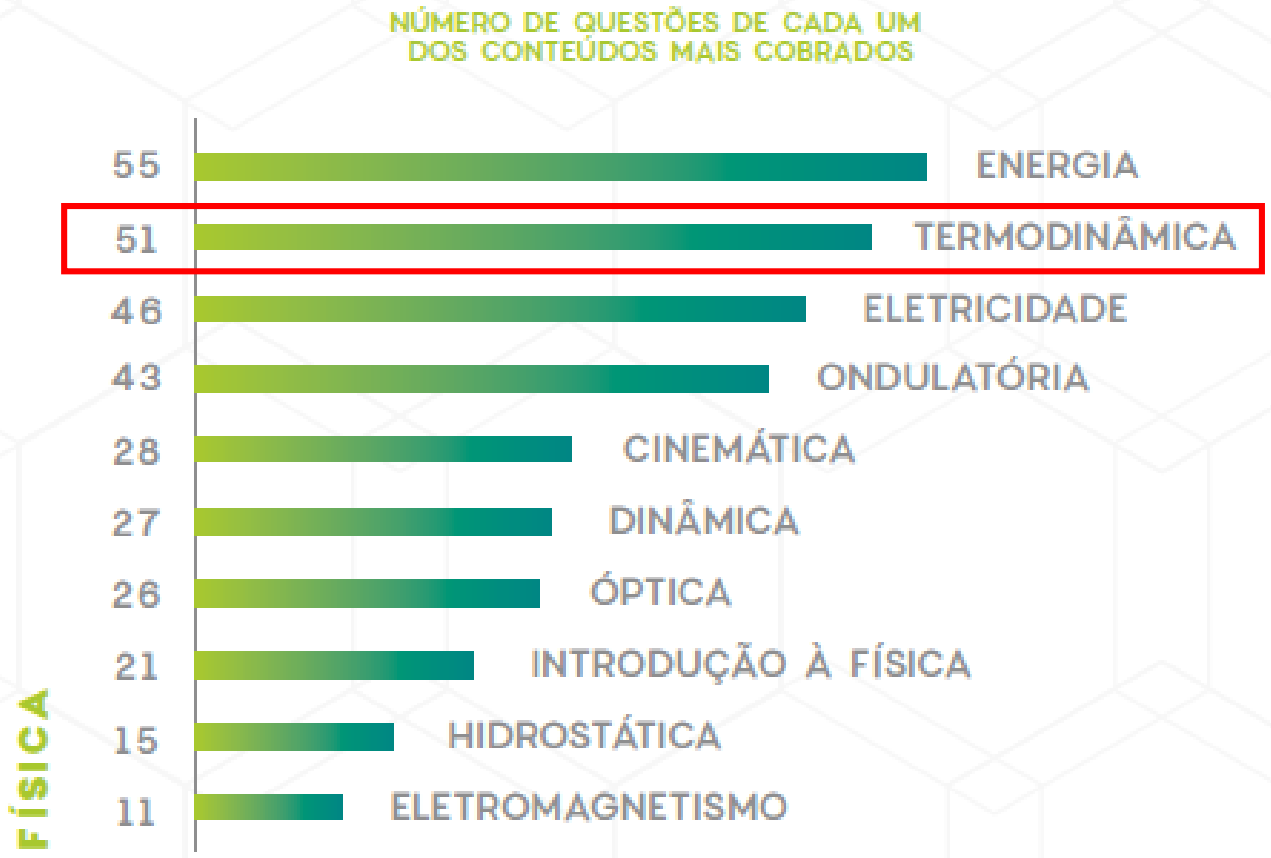
$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

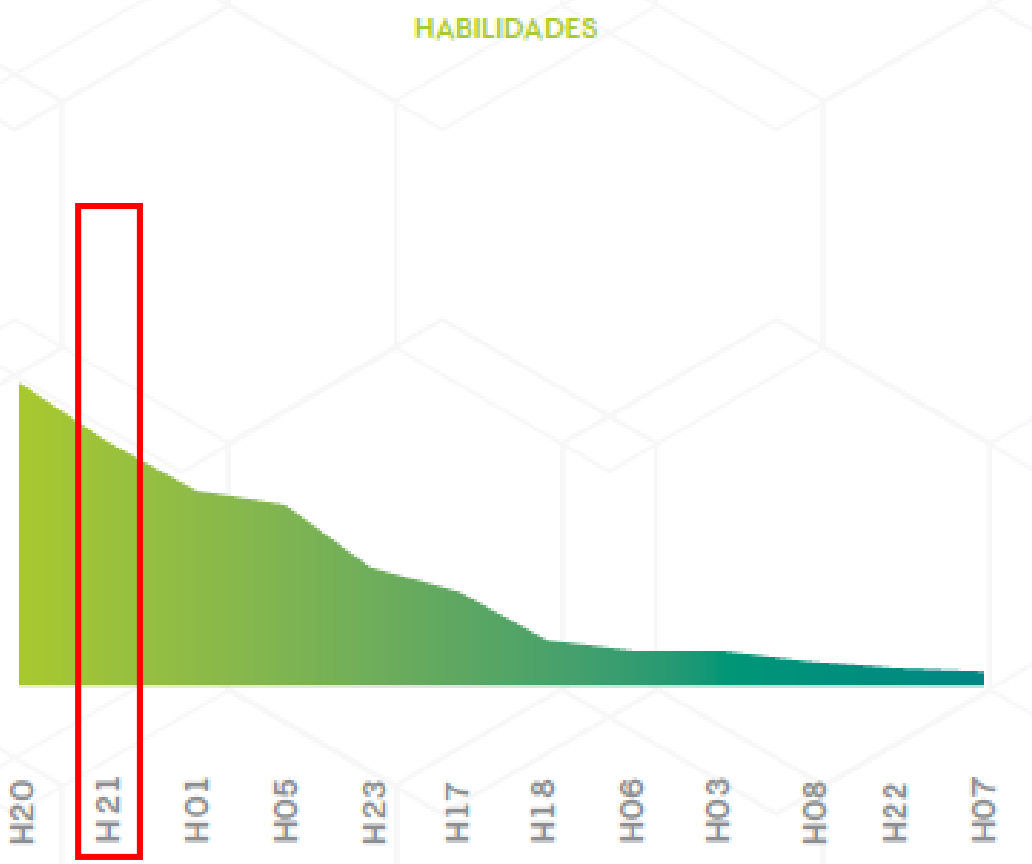
$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{k \cdot T_2}{k \cdot T_1}$$

$$\boxed{\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$$

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?





Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?

(ENEM/2016)

Até 1824 acreditava-se que as máquinas térmicas, cujos exemplos são as máquinas a vapor e os atuais motores a combustão, poderiam ter um funcionamento ideal. Sadi Carnot demonstrou a impossibilidade de uma máquina térmica, funcionando em ciclos entre duas fontes térmicas (uma quente e outra fria), obter 100% de rendimento.

Tal limitação ocorre porque essas máquinas

a) realizam trabalho mecânico.

b) produzem aumento da entropia.

c) utilizam transformações adiabáticas.

d) contrariam a lei da conservação de energia.

e) funcionam com temperatura igual à da fonte quente.

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

- Para que o rendimento seja igual a 100% T2 deve ser igual a zero... O que na prática Não é aplicável...

- Assim sendo sempre a fonte fria receberá uma parcela de energia térmica, produzindo Assim O aumento da Entropia.

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?

(ENEM/2016)

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?

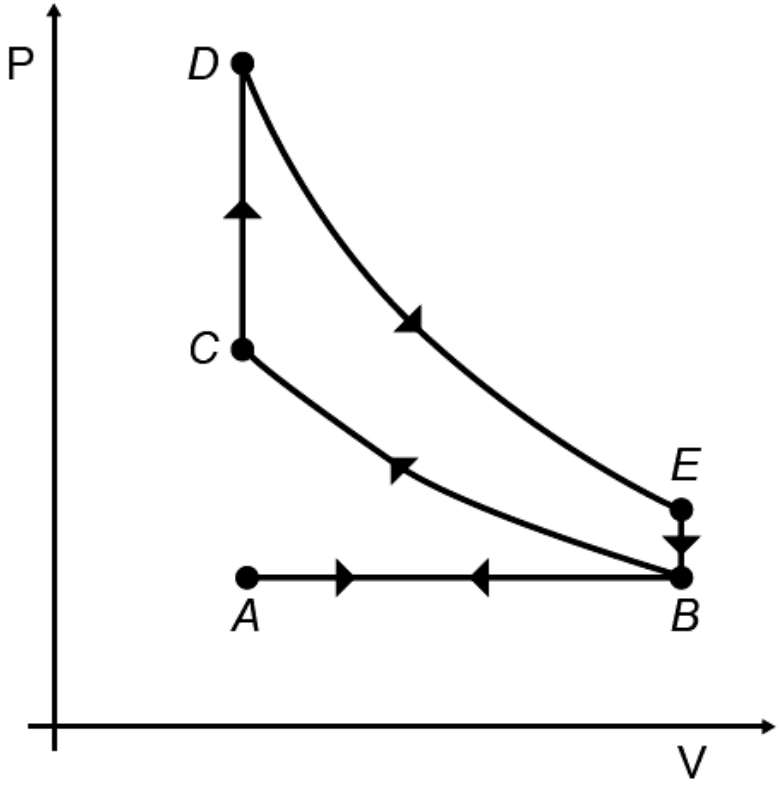
a) A

b) B

c) C

d) D

e) E

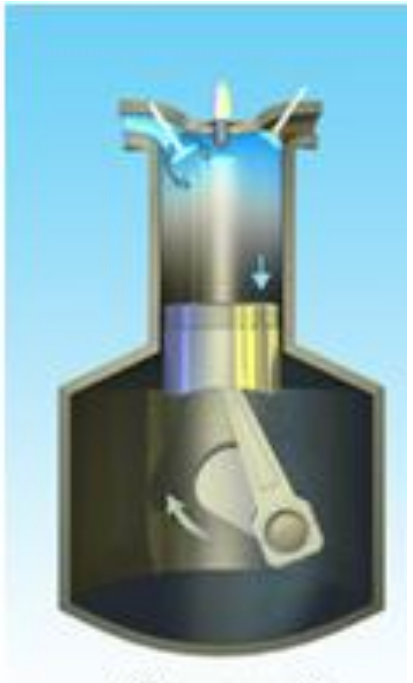


Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?

O Motor à combustão – 4 Tempos

1º tempo: Admissão. Uma mistura de ar e vapor de gasolina entra pela válvula para ser "aspirada" para dentro da câmara de combustão, que está a baixa pressão. O pistão chega ao ponto morto inferior, e a válvula de admissão fecha, completando o primeiro tempo do motor.



1º tempo: O pistão desce e ocorre a injeção da mistura entre ar e vapor da gasolina.

É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?

O Motor à combustão – 4 Tempos

2º tempo: Compressão O pistão sobe e comprime a mistura de ar e vapor de gasolina. O tempo de compressão fecha quando o pistão sobe totalmente.

2º tempo: O pistão sobe, comprimindo a mistura.

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?

O Motor à combustão – 4 Tempos

3º tempo: Explosão ou combustão – Para dar início à combustão da mistura combustível que está comprimida, **solta-se uma descarga elétrica** entre dois pontos da vela de ignição. Essa faísca da vela detona a mistura e empurra o pistão para baixo, fazendo com que ele atinja o ponto morto inferior.

3º tempo: A vela de ignição lança uma faísca que causa a explosão da mistura e empurra o pistão para baixo.

OU SEJA.... APÓS A CENTELHA ELÉTRICA HÁ UMA EXPANSÃO VOLUMÉTRICA

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?

O Motor à combustão – 4 Tempos

4º tempo: Escape — A mistura de ar e combustível foi queimada, mas ficaram alguns resíduos dessa combustão que precisam ser retirados de dentro do motor. Isso é feito quando o pistão sobe, a válvula de escape abre, e os gases residuais são expulsos.

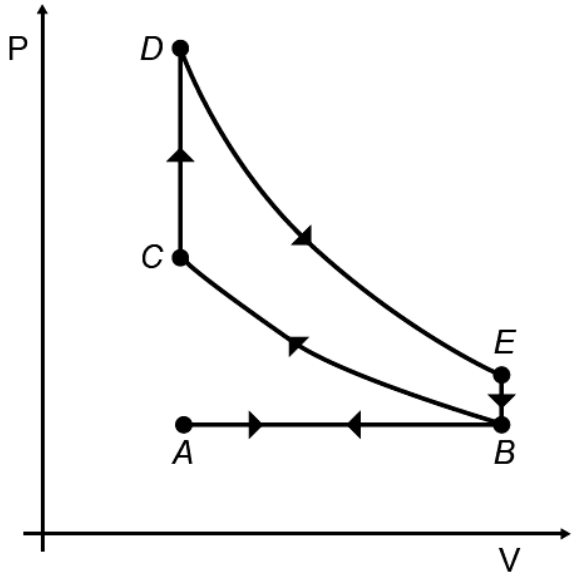
4º tempo: O pistão sobe e libera os gases formados na combustão.

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?

(ENEM/2016)

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

3º tempo: EXPLOSÃO OU COMBUSTÃO .

OU SEJA.... APÓS A CENTELHA ELÉTRICA HÁ UMA EXPANSÃO VOLUMÉTRICA RÁPIDA

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

9 – COMO O ENEM TEM ABORDADO ESTE TEMA?
(ENEM/2014)

As máquinas térmicas foram aprimoradas durante a primeira Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra no século XVIII. O trabalho do engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot, que notou a relação entre a eficiência da máquina a vapor e a diferença de temperatura entre o vapor e o ambiente externo, foi fundamental para esse aprimoramento.

A solução desenvolvida por Carnot para aumentar a eficiência da máquina a vapor foi

$$\eta = \frac{\text{trabalho útil}}{\text{calor recebido}} \Rightarrow \uparrow\eta = \frac{\tau}{Q_1}$$

$$\uparrow\tau = \uparrow p \cdot \Delta v$$

a) reduzir o volume do recipiente sob pressão constante.

b) aumentar o volume do recipiente e reduzir a pressão proporcionalmente.

c) reduzir o volume do recipiente e a pressão proporcionalmente.

d) reduzir a pressão dentro do recipiente e manter seu volume.

e) aumentar a pressão dentro do recipiente e manter seu volume.

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.

MUIIIIIIITOOOOO OBRIGADO!

VAI LÁ E DOMINA.... É ENEM TOTAL

Prof. Ítalo Rodrigues Guedes

facebook.com/itallorg

itallorg

Material elaborado por: Prof. Ítalo R. Guedes,
É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização.