Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

Ericsson Cycle

Stirling Cycle

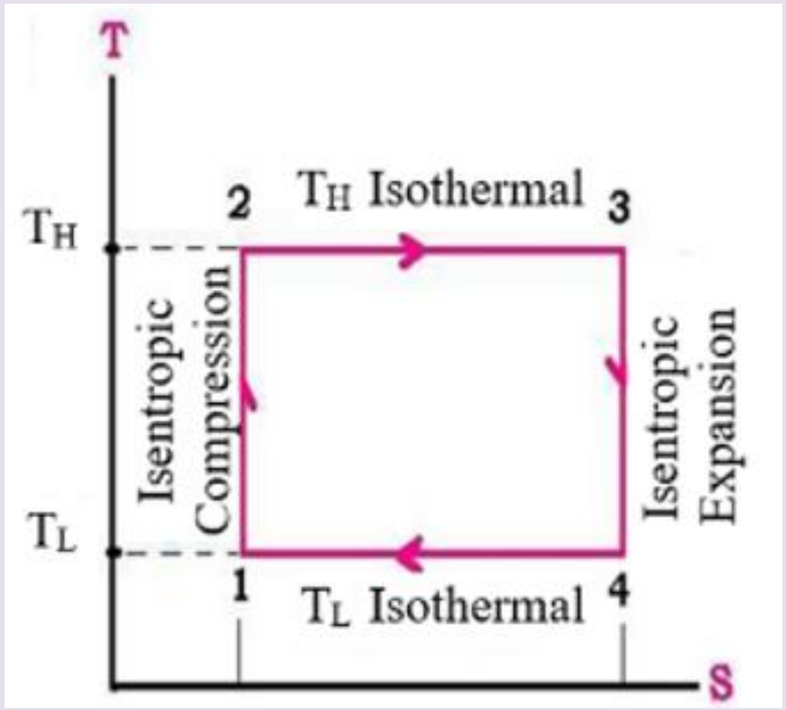
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

Different components of a gas thermal power plant

Definition

A one-phase power cycle refers to a sequence of transformations in which the system eventually returns to its initial state. In other words, the working fluid undergoes a series of transformations and ultimately reverts to its initial state.

Carnot Cycle



T_H is the temperature of the hot source: High temperature

T_L is the temperature of the cold source: Low temperature

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

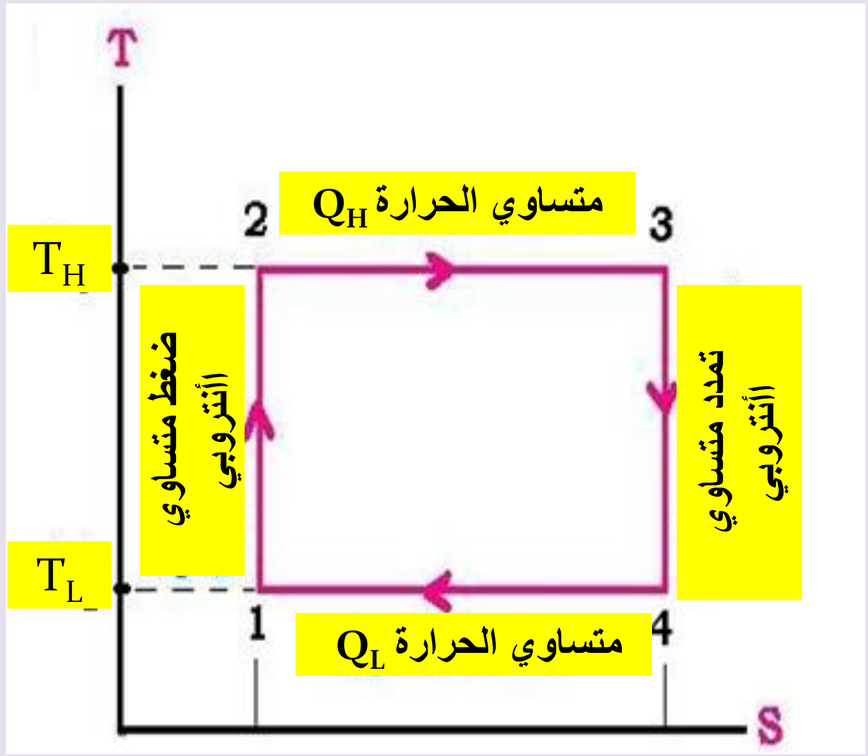
تعريف

تشير دورة الطاقة أحادية الطور إلى سلسلة من التحولات يعود فيها النظام في النهاية إلى حالته الأولية. بمعنى آخر ، يخضع مائع العمل لسلسلة من التحولات ويعود في النهاية إلى حالته الأولية.

تعريف

- دورة Carnot
- دورة Otto
- دورة Diesel
- دورة مختلطة
- دورة Brayton
- دورة Ericsson
- دورة Stirling
- دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
- مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

دورة Carnot



T_H هي درجة حرارة المصدر الساخن

T_L هي درجة حرارة المصدر البارد

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Carnot Cycle

We have:

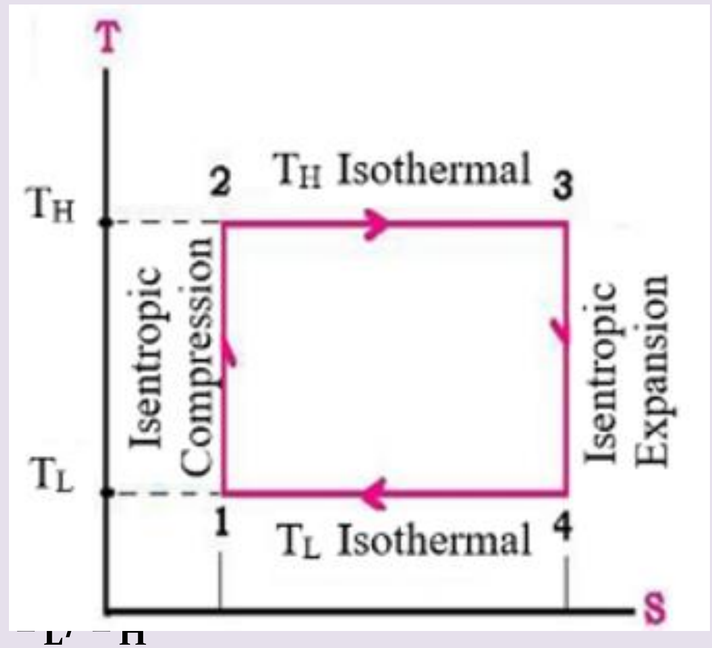
$\Delta S(1\text{-}2) = S_2 - S_1 = 0$

$\Delta S(2\text{-}3) = S_3 - S_2 = Q_H/T_H \rightarrow Q_H = T_H(S_3 - S_2)$

$\Delta S(3\text{-}4) = S_4 - S_3 = 0$

$\Delta S(4\text{-}1) = S_1 - S_4 = Q_L/T_L \rightarrow Q_L = T_L(S_1 - S_4)$

On the other hand, $\Delta S(2\text{-}3) = -\Delta S(4\text{-}1)$



Meaning:

$Q_H/T_H = -Q_L/T_L \rightarrow Q_L/Q_H = -T_L/T_L \rightarrow |Q_L|/Q_L =$ [illegible]

$$\eta = (Q_H - |Q_L|)/Q_H = 1 - (|Q_L|/Q_H) = 1 - (T_L/T_H)$$

Carnot cycle (perfect or ideal cycle) $\eta_{carnot} = 1 - (T_L/T_H)$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Carnot

لدينا :

$$\Delta S(1\text{-}2) = S_2 - S_1 = 0$$

$$\Delta S(2\text{-}3) = S_3 - S_2 = Q_c/T_c \rightarrow Q_c = T_c(S_3 - S_2)$$

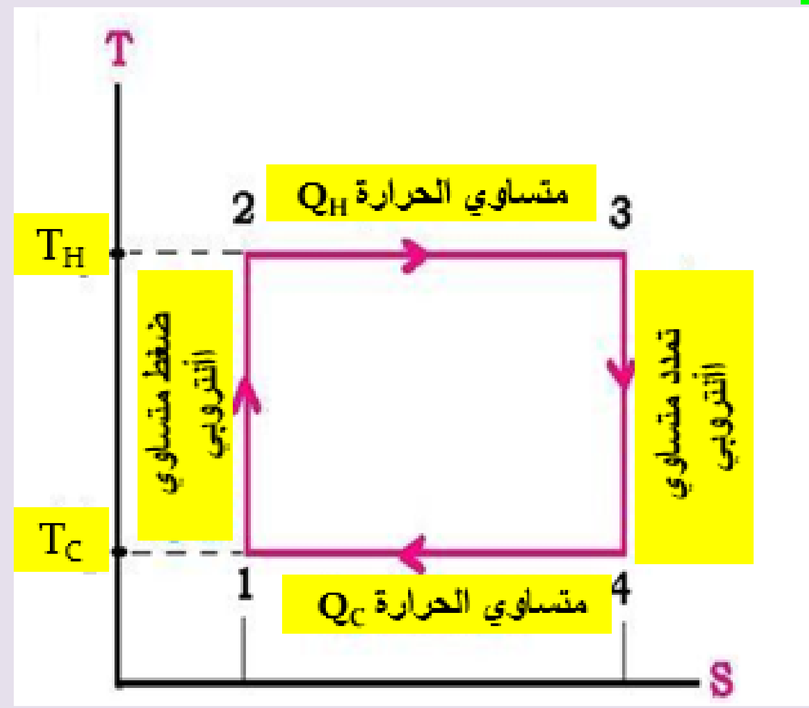
$$\Delta S(3\text{-}4) = S_4 - S_3 = 0$$

$$\Delta S(4\text{-}1) = S_1 - S_4 = Q_f/T_f \rightarrow Q_f = T_f(S_1 - S_4)$$

من ناحية أخرى,

$$\Delta S(2\text{-}3) = -\Delta S(4\text{-}1)$$

معناه



$$Q_c/T_c = -Q_f/T_f \rightarrow Q_f/Q_c = -T_f/T_c \rightarrow |Q_f|/Q_c = T_f/T_c$$

$$\eta = (Q_c - |Q_f|)/Q_c = 1 - (|Q_f|/Q_c) = 1 - (T_f/T_c)$$

Cycle de Carnot (cycle parfait ou idéal)

$$\eta_{carnot} = 1 - (T_f/T_c)$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Carnot Cycle
EXERCISE

Let us consider the heat engine, shown schematically in, that receives a heat transfer rate of 1 MW at a high temperature of 550◦C and rejects energy to the ambient surroundings at 300 K. Work is produced at a rate of 450 kW.

Calculate

1. **The energy is discarded to the ambient surroundings**
2. **The engine efficiency and compare both of these to a Carnot heat engine operating between the same two reservoirs.**

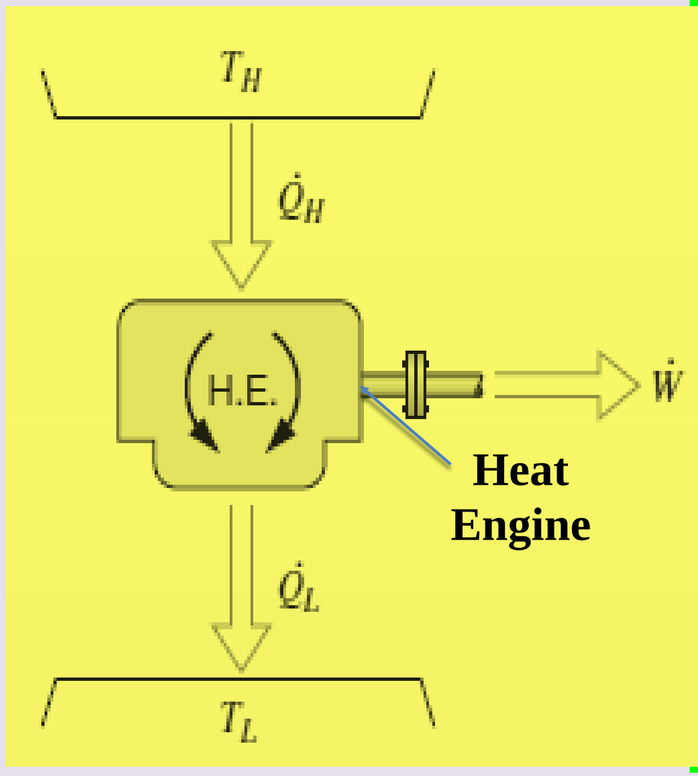


Fig. 1

نعتبر المحرك الحراري ، الموضح بشكل تخطيطي في الشكل 1 ، الذي يتلقى انتقال الحرارة بمعدل 1 ميجاوات عند درجة حرارة عالية تبلغ 550 درجة مئوية و يلفض الطاقة إلى المحيط عند 300 كلفن. يتم إنتاج العمل بمعدل 450 كيلو واط.

أحسب

1. **مقدار الطاقة التي يتم التخلص منها في المحيط**
2. **كفاءة المحرك ومقارنتهما بمحرك كارنو الحراري الذي يعمل بين نفس الخزانين.**

- Definition
- Carnot Cycle
- Otto Cycle
- Diesel Cycle
- mixed cycle
- Brayton Cycle
- Ericsson Cycle
- Stirling Cycle
- Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
- Different components of a gas thermal power plant

Carnot Cycle

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Carnot Cycle

Consider a Carnot cycle that uses water vapor as a coolant. A heat source at a temperature of 250°C transfers its heat to the coolant as it changes from a saturated liquid state to a saturated vapor state. The heat is then evacuated at a pressure of 10 kPa.

Represent the cycle in the T.S diagram

1. Determine:
   - ✓ The thermal efficiency of the cycle
   - ✓ The amount of heat evacuated
   - ✓ The net work produced

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

تعتبردورة كارنو التي تستخدم بخار الماء كمبرد. مصدر حرارة عند درجة حرارة 250 درجة مئوية ينقل حرارته إلى المبرد أثناء تغيره من حالة سائلة مشبعة إلى حالة بخار مشبع. ثم يتم إخراج الحرارة عند ضغط 10 كيلوباسكال.

- مثل الدورة على مخطط T-S

- أحسب ما يلي:

1. الكفاءة الحرارية للدورة
2. كمية الحرارة المخرجة
3. العمل الصافي المنت

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regeneration, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Carnot Cycle

Solution:

7.5 ⟶ 40.29
10 ⟶ 45.81

245	3.648	0.001 240	0.054 71	1036.71	1546.7	2603.4	1061.23	1741.7	2803.0	2.7412	3.3612	6.1083
250	3.973	0.001 251	0.050 13	1080.39	1522.0	2602.4	1085.36	1716.2	2801.5	2.7927	3.2802	6.0730

According to the thermodynamic tables, at P= 10 kPa we have the corresponding saturation temperature =45.81 °C = 318.81 K

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{318.81}{523} = 0.39 = 39\%$$

$$Q_f = T_f (S_{1f} - S_{4v}) = 318.81(2.7927 - 6.073) = -1045.8 kJ / kg$$

$$W_{net} = (T_c - T_f)(Sv - Sf) = (250 - 45.81)(6.073 - 2.7927) = 669.8 kJ / kg$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

7.5	40.29										
10	45.81										

دورة Otto

الحل

3.648	0.001 240	0.054 71	1036.71	1546.7	2603.4	1061.23	1741.7	2803.0	2.7412	3.3012	0.1083
3.973	0.001 251	0.050 13	1080.39	1522.0	2602.4	1085.36	1716.2	2801.5	2.7927	3.2802	6.0730

وفقًا للجداول الديناميكية الحرارية ، عند P = 10 كيلو باسكال لدينا درجة حرارة التشبع المقابلة = 45.81 درجة مئوية = 318.81 كلفن

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{318.81}{523} = 0.39 = 39\%$$

$$Q_f = T_f (S_{1l} - S_{4v}) = 318.81(2.7927 - 6.073) = -1045.8 kJ / kg$$

$$W_{net} = (T_c - T_f)(250 - 45.81)(6.073 - 2.7927) = 669.8 kJ / kg$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Otto Cycle

The four-stroke internal combustion engine, like that of a car, operates under this cycle

Volume compression ratio:

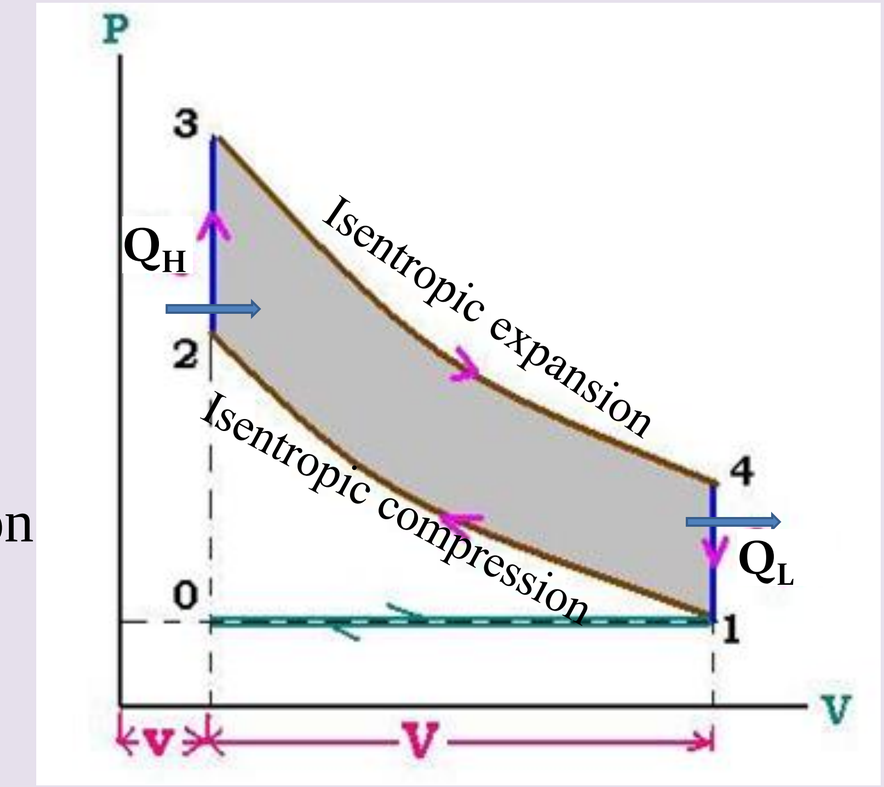
$\tau = (V + v)/v$

V = volume during the stroke of the piston

v = combustion chamber volume

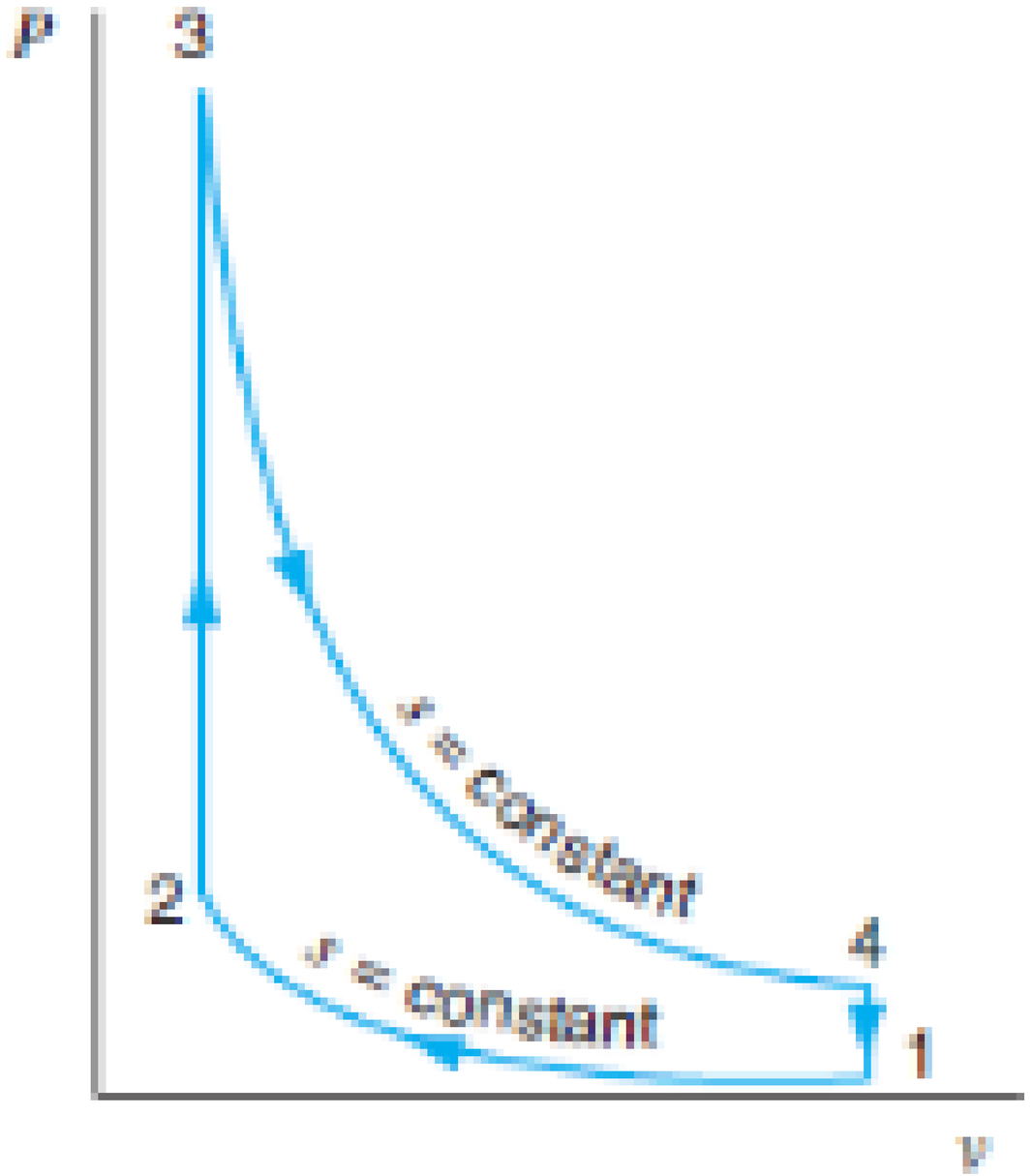
Q_H is the added heat

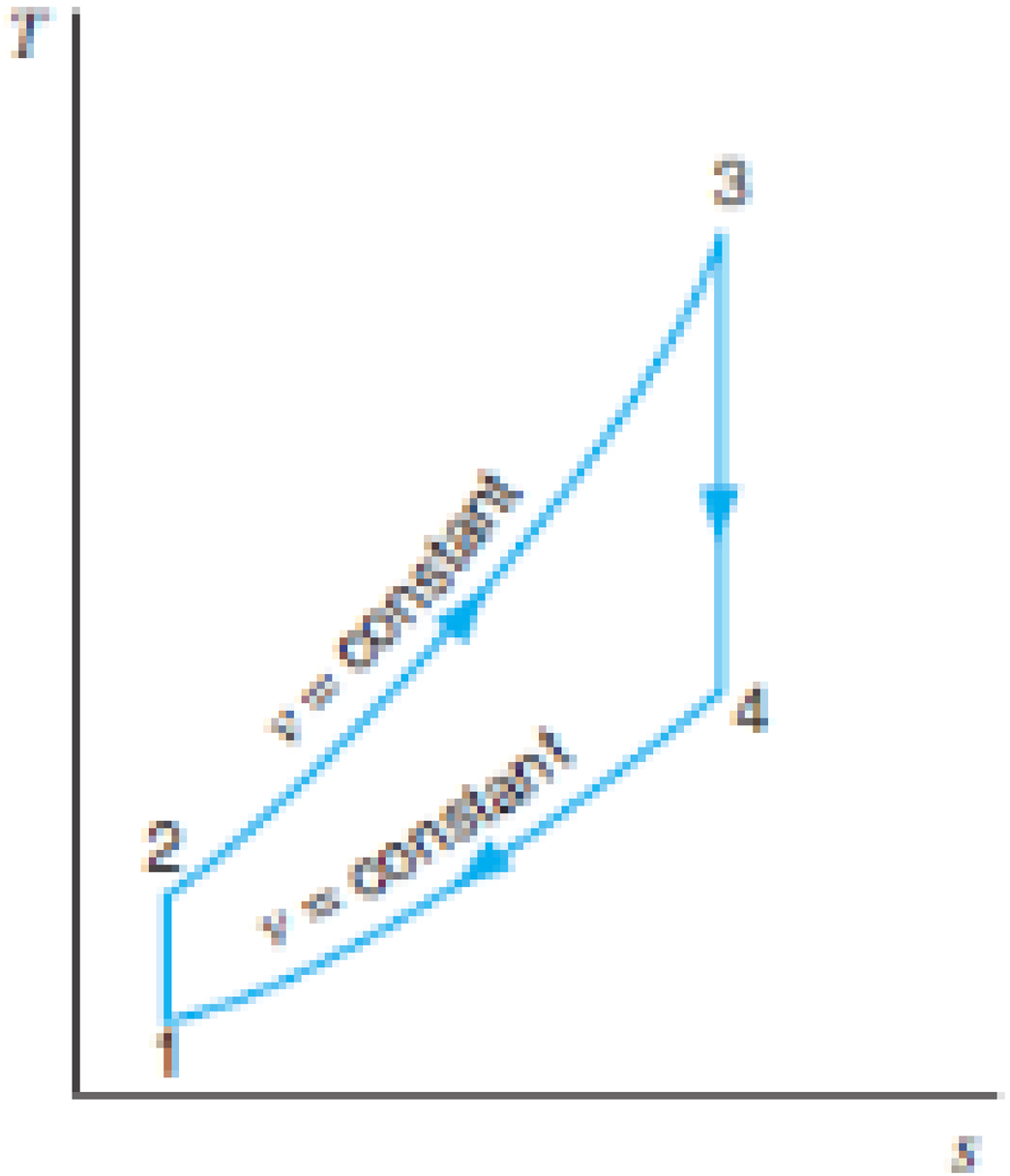
Q_L is the exhaust heat

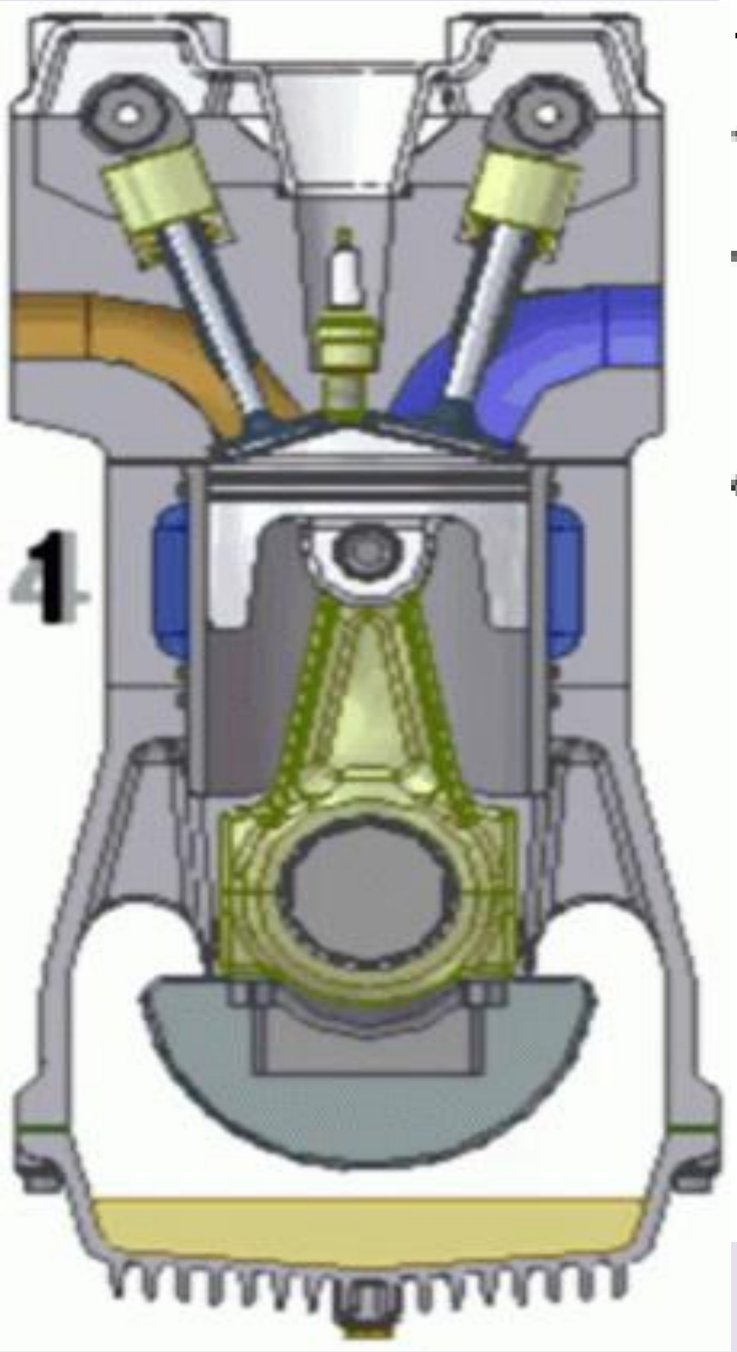


Point 0 is called the top dead center: TDC

Point 1 is called the bottom dead center: BDC

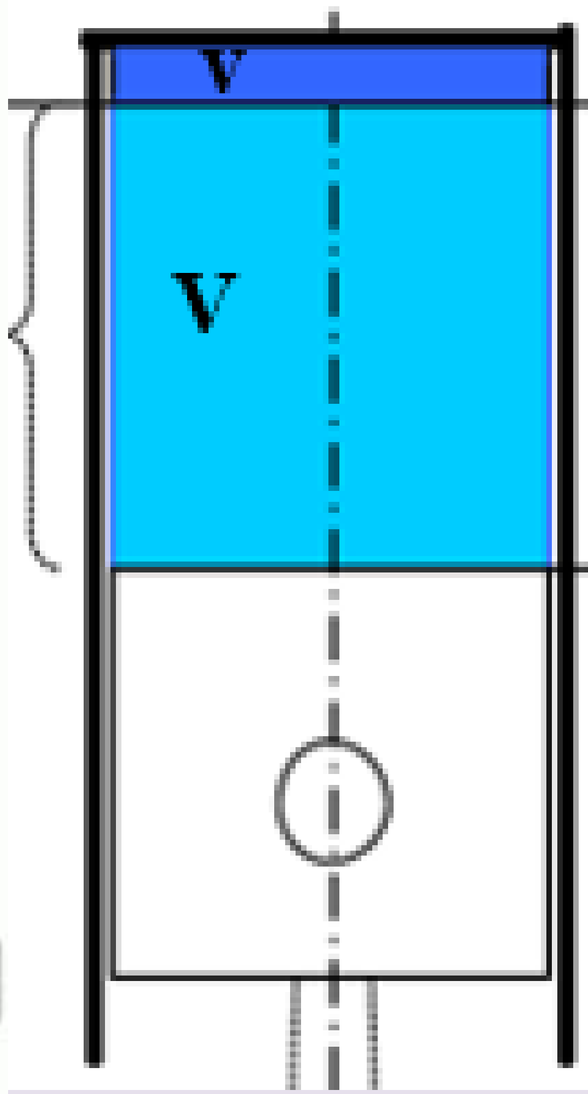

p
3
s = constant
2
s = constant
4
1
v


T
3
s = constant
2
v = constant
4
1
s



V = volume during the stroke of the piston

Top Dead Center: TDC



Stroke

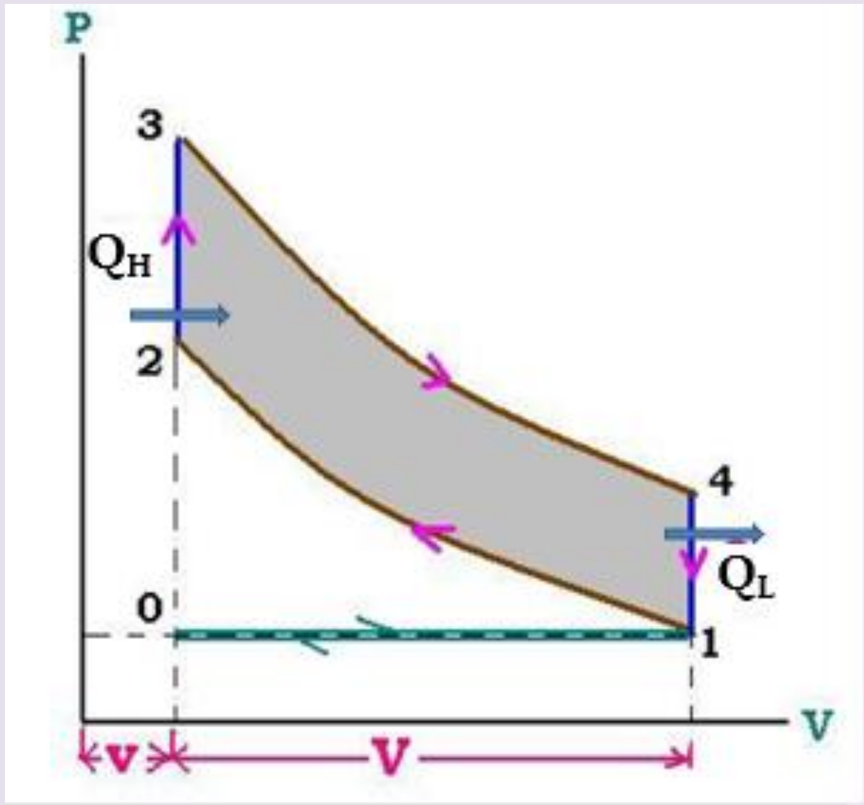
Bottom Dead Center: BDC

v = combustion chamber volume

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

المحرك الاحتراقي الداخلي ذو الأربعة أشواط، مثل محرك السيارة، يعمل وفق هذه الدورة."



نسبة ضغط الحجم: $\tau = (V + v)/v$

V = الحجم خلال شوط المكبس

v = حجم غرفة الاحتراق

Q_H هي الحرارة الداخلة

Q_L هي الحرارة الخارجة

النقطة 0 تسمى المركز الميت الأعلى: TDC

النقطة 1 تسمى المركز الميت السفلي: BDC

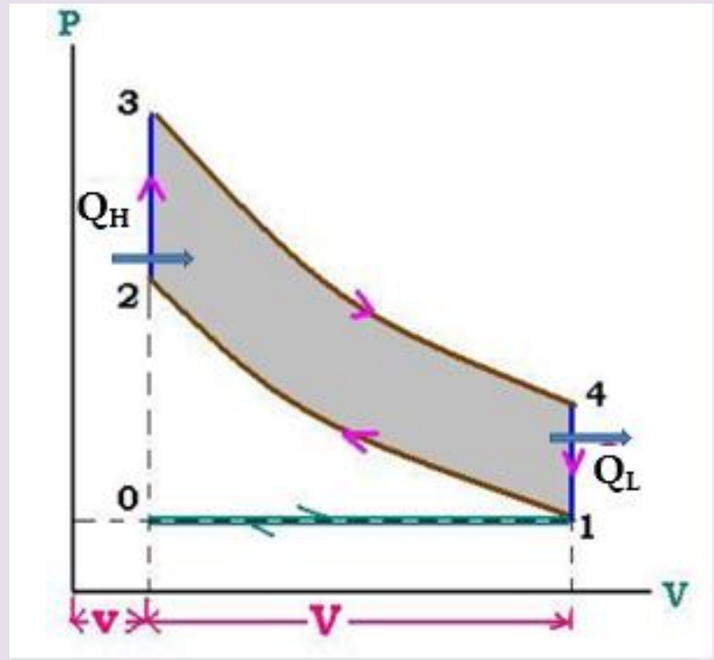
Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Otto Cycle

Time 0-1 The volume increases from v to V in an isobaric manner

Time 1-2

The gas is compressed adiabatically and reversibly, the volume of the cylinder decreases from (V + v) to v, its pressure increases from P1 to P2, and its temperature increases from T1 to T2



So we have

$$Q = 0 \rightarrow W = -\Delta H = -Cp\,\Delta T$$
$$= -Cp\,(T_2 - T_1),$$

$$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1\,(V_1/V_2)^{\gamma} = P_1[(V + v)/v]^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1\,\tau^{\gamma}$$

$$T_2/T_1 = (V_1/V_2)^{\gamma - 1} = (P_2/P_1)^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$T_2 = T_1\,[(v + V)/v]^{\gamma - 1} \qquad T_2 = T_1\,[\tau]^{\gamma - 1}$$

τ : Compression ratio

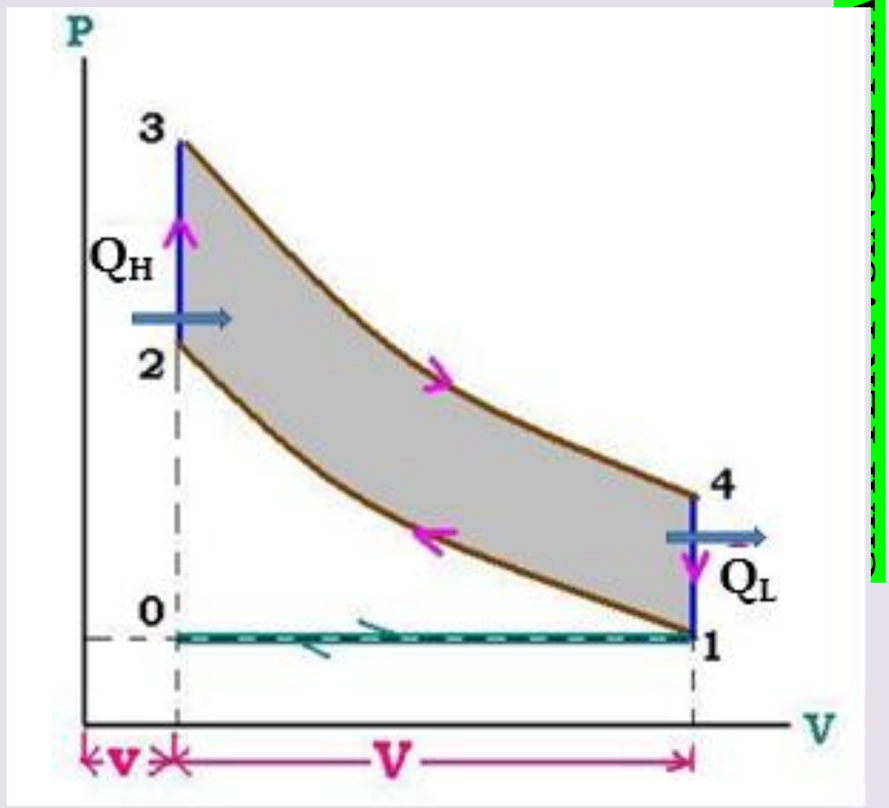
تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

الشوط 1-0 يزداد الحجم من v إلى V بطريقة متساوية الضغط

الشوط 2-1 يتم ضغط الغاز بشكل غير مبادل للحرارة وقابل للانعكاس ، ويقل حجم الأسطوانة من ((V + v) إلى v، ويزداد ضغطها من P_1 إلى P_2، وتزداد درجة حرارته من T_1 إلى T_2



اذا لدينا

$$Q = 0 \rightarrow W = -\Delta H = -Cp\,\Delta T$$
$$= -Cp\,(T_2 - T_1),$$

$$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1\,(V_1/V_2)^{\gamma} = P_1[(V + v)/v]^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1\,\tau^{\gamma}$$

$$T_2/T_1 = (V_1/V_2)^{\gamma - 1} = (P_2/P_1)^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$T_2 = T_1\,[(v + V)/v]^{\gamma - 1}$$

$$T_2 = T_1\,[\tau]^{\gamma - 1}$$

τ : Compression ratio

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Otto Cycle

Time 2-3

Since the combustion is isochoric, the heat supplied to the gases is.

$$Q_H = \Delta U = Cv\,\Delta T = Cv\,(T_3 - T_2)$$

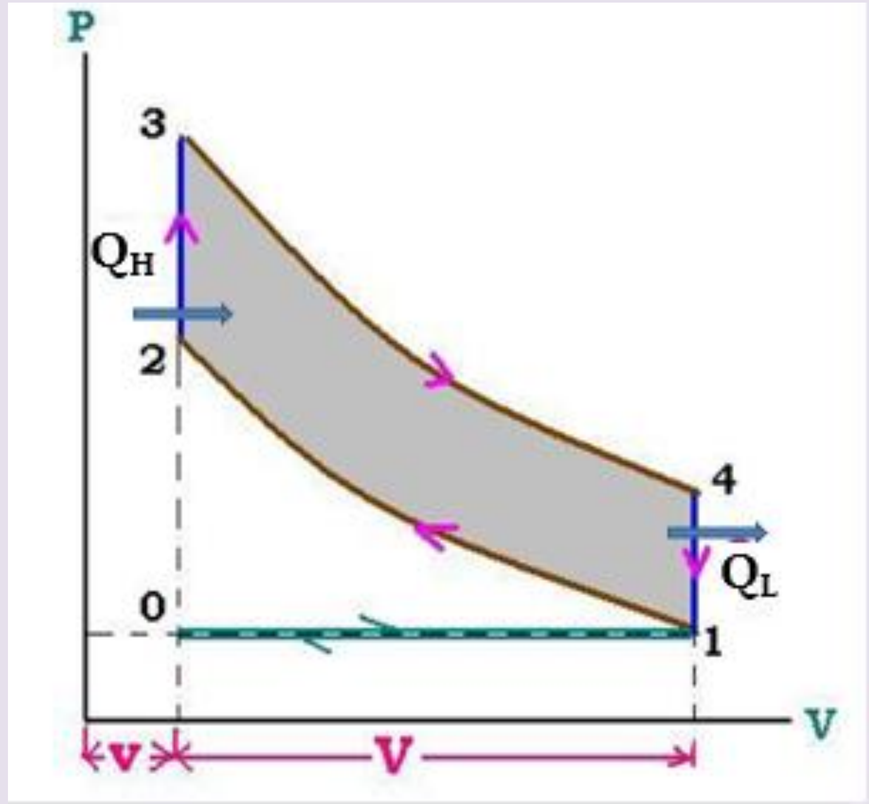
From where $T_3 = Q_H/Cv + T_2$

As $P_3/P_2 = T_3/T_2$

So $P_3 = P_2\,(T_3/T_2) = P_1\,\tau^{\gamma}\,(T_3/T_2)$

$$P_3 = P_1\,\tau^{\gamma}\,(Q_H/T_2.Cv + 1)$$

$$P_3 = P_1\,\tau^{\gamma}\,[(Q_H/(T_1\,[\tau]^{\gamma-1})C_v) + 1]$$



تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

الشوط 3-2

نظرًا لأن الاحتراق يحدث عند حجم ثابت (بدون تغير في الحجم)، يتم توفير الحرارة للغازات بشكل إيزوكوريك

$$Q_H = \Delta U = Cv\,\Delta T = Cv\,(T_3 - T_2)$$

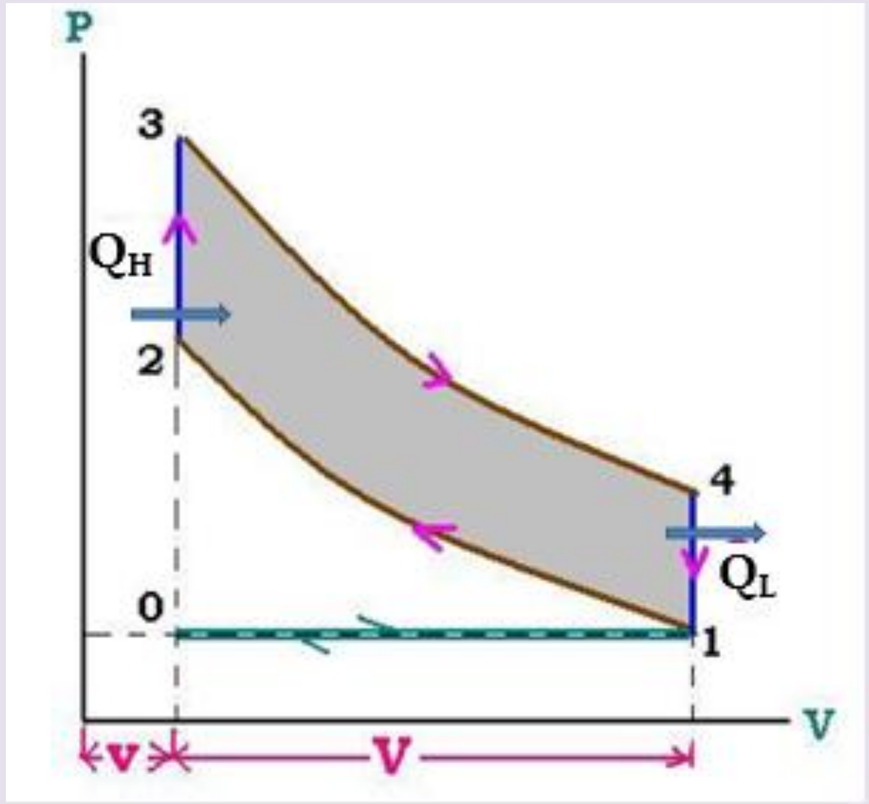
$$T_3 = Q_H / Cv + T_2$$ حيث

$$P_3/P_2 = T_3/T_2$$ ما دام

$$P_3 = P_2\,(T_3/T_2) = P_1\,\tau^{\gamma}\,(T_3/T_2)$$ إذا

$$P_3 = P_1\,\tau^{\gamma}\,(Q_H/T_2.Cv + 1)$$

$$P_3 = P_1\,\tau^{\gamma}\,[(Q_H/(T_1\,[\tau]^{\gamma-1})C_v) + 1]$$

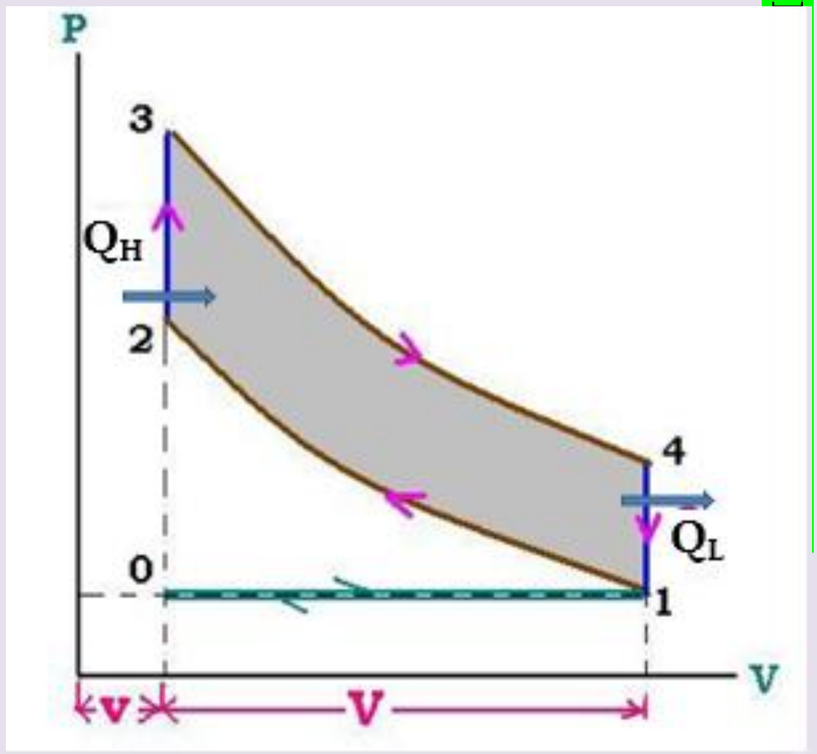


Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Otto Cycle

Time 3-4 **The transformation is adiabatic and reversible**

The gases expand, providing mechanical work



$$T_4/T_3 = (V_3/V_4)^{\gamma - 1} = [v/(V + v)]^{\gamma - 1} = [1/\tau]^{\gamma - 1}$$

$$T_4 = T_3[1/\tau]^{\gamma - 1}$$

We have: $P_3V_3^{\gamma} = P_4V_4^{\gamma}$

Then: $P_4 = P_3 (V_3/V_4)^{\gamma} = P_3 [v/(V + v)]^{\gamma} = P_3 [1/\tau]^{\gamma}$

POWER CYCLES

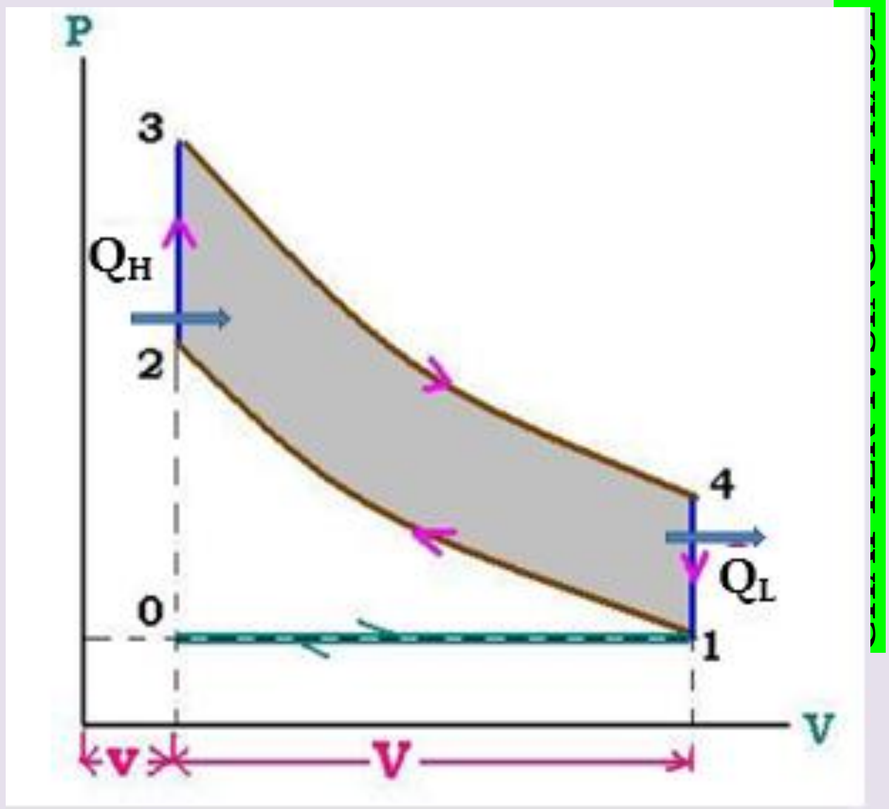
تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

الشوط 3-4 التحويل يكون قابلاً للعكس وغير مبادل للحرارة

تمدد الغازات وتوفير العمل الميكانيكي



$$T_4/T_3 = (V_3/V_4)^{\gamma - 1} = [v/(V + v)]^{\gamma - 1} = [1/\tau]^{\gamma - 1}$$

$$T_4 = T_3[1/\tau]^{\gamma - 1}$$

We have: $P_3V_3^{\gamma} = P_4V_4^{\gamma}$

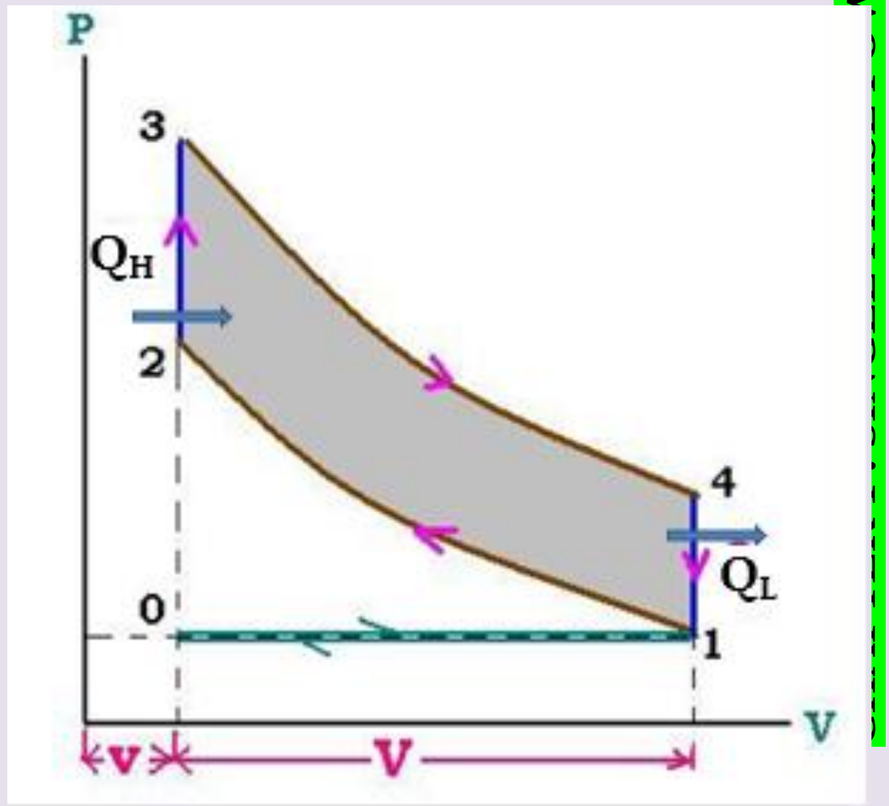
Then: $P_4 = P_3 (V_3/V_4)^{\gamma} = P_3 [v/(V + v)]^{\gamma} = P_3 [1/\tau]^{\gamma}$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Otto Cycle

During the time 4-1

The system releases heat to the outside.



$$Q_L = C_v \Delta T = C_v (T_1 - T_4) = C_v (T_1 - T_3[1/\tau]^{\gamma - 1})$$

During the time 1-0

The gases escape into the atmosphere isobaric and the cycle begins again.

تعريف

دورة Carnot

دورة Otto

دورة Diesel

دورة مختلطة

دورة Brayton

دورة Ericsson

دورة Stirling

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

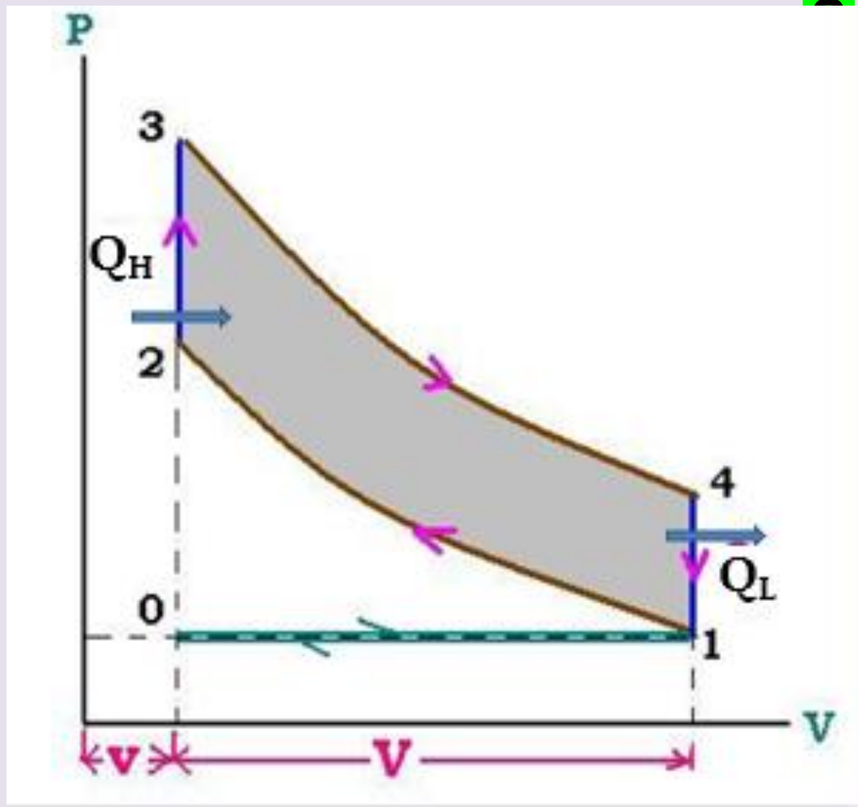
الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

الشوط 1-4

يقوم النظام بإطلاق الحرارة إلى الخارج

$$Q_L = C_v \Delta T = C_v (T_1 - T_4) = C_v (T_1 - T_3[1/\tau]^{\gamma - 1})$$



الشوط 0-1

تخرج الغازات إلى المحيط الخارجي بشكل إيزوباري (بضغط ثابت)، وتبدأ الدورة من جديد

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Otto Cycle

the efficiency" or "the yield:

$$\eta = 1 - (|Q_L/Q_H) = 1 - |(C_v (T_1 - T_4)|/C_v (T_3 - T_2)$$

$$Q_L/Q_H = C_v (T_1 - T_4)/C_v (T_3 - T_2)$$

$$= (T_1 - T_3[1/\tau]^{\gamma - 1})/(T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma - 1})$$

$$= [1/\tau]^{\gamma - 1} (T_1[\tau]^{\gamma - 1} - T_3)/(T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma - 1}) = -[1/\tau]^{\gamma - 1}$$

So: $|Q_L|/Q_H = [1/\tau]^{\gamma - 1}$

$$\eta_{otto} = 1 - (1/\tau)^{\gamma - 1}$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

الكفاءة أو العائد

$$\eta = 1 - (|Q_L|/Q_H) = 1 - |(C_v (T_1 - T_4)|/C_v (T_3 - T_2)$$

$$Q_f/Q_c = C_v (T_1 - T_4)/C_v (T_3 - T_2)$$

$$= (T_1 - T_3[1/\tau]^{\gamma - 1})/(T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma - 1})$$

$$= [1/\tau]^{\gamma - 1} (T_1[\tau]^{\gamma - 1} - T_3)/(T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma - 1}) = -[1/\tau]^{\gamma - 1}$$

$$|Q_L/Q_H = [1/\tau]^{\gamma - 1}$$

إذا

$$\eta_{otto} = 1 - (1/\tau)^{\gamma - 1}$$

و منه

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Otto Cycle

EXERCICE OttoCycle

The compression ratio of a theoretical Otto cycle is 10. At the beginning of the compression stroke, the pressure is 0.1 MPa, and the temperature is 15°C. The heat supplied to the air per cycle is 1800 kJ/kg of air.

Determine:

1. **The pressure and temperature at the end of each cycle phase.**
2. **The thermal efficiency.**

Given:

$r_{(air)}$ =287J/kg.K $Cv_{(air)}$ =710 J/kg.K γ=1.4

T_2 = 723.9K

P_2 = 2.512 MPa

T_3 = 3234 K

P_3 = *11.222 MPa*

T_4 = 1287.5K

P_4 = 0.4467 MPa

η_{th} = 0.602 = 60.2%

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

تمرين دورة أوتو

تبلغ نسبة الضغط في دورة أوتو النظرية 8. في بداية الإنضغاط، يكون الضغط 0.1 ميجا باسكال ودرجة الحرارة 15 درجة مئوية. تبلغ الحرارة المزودة للهواء في كل دورة 1800 كيلو جول / كجم من الهواء.أحسب :

- الضغط ودرجة الحرارة في نهاية كل مرحلة من مراحل الدورة
- الكفاءة الحرارية

المعطيات :

$r_{(air)}=287J/kg.K$ $Cv_{(air)}=710\ J/kg.K$ $\gamma=1.4..$

Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

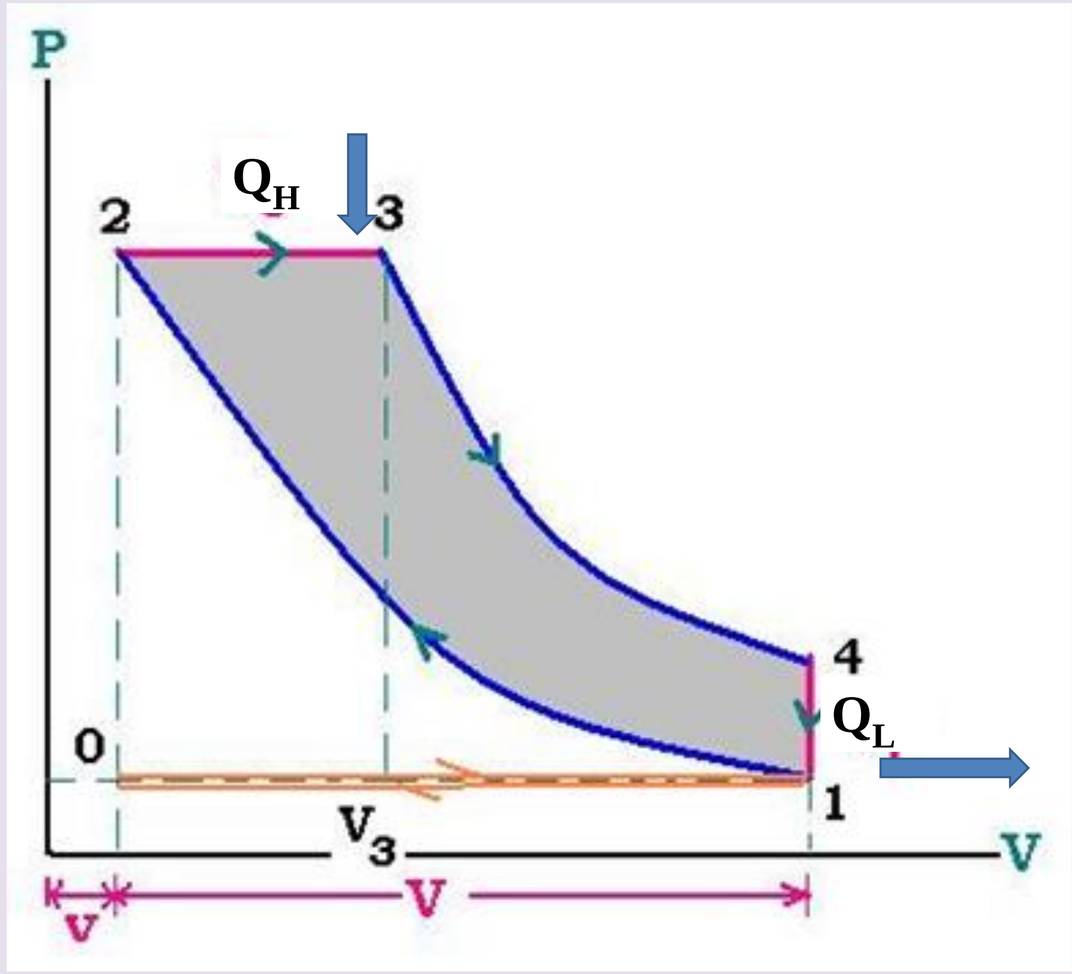
Ericsson Cycle
Stirling Cycle

Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

Different components of a gas thermal power plant

Diesel Cycle

The difference between the Diesel cycle and the Otto cycle is that during the time 2-3, the received heat Qc occurs in an isobaric manner, which means at a constant pressure.



We have $P_2 = P_3$,

The volume changes from V_2 **to** V_3

$$Q_H = \Delta H = C_p \Delta T = C_p (T_3 - T_2)$$

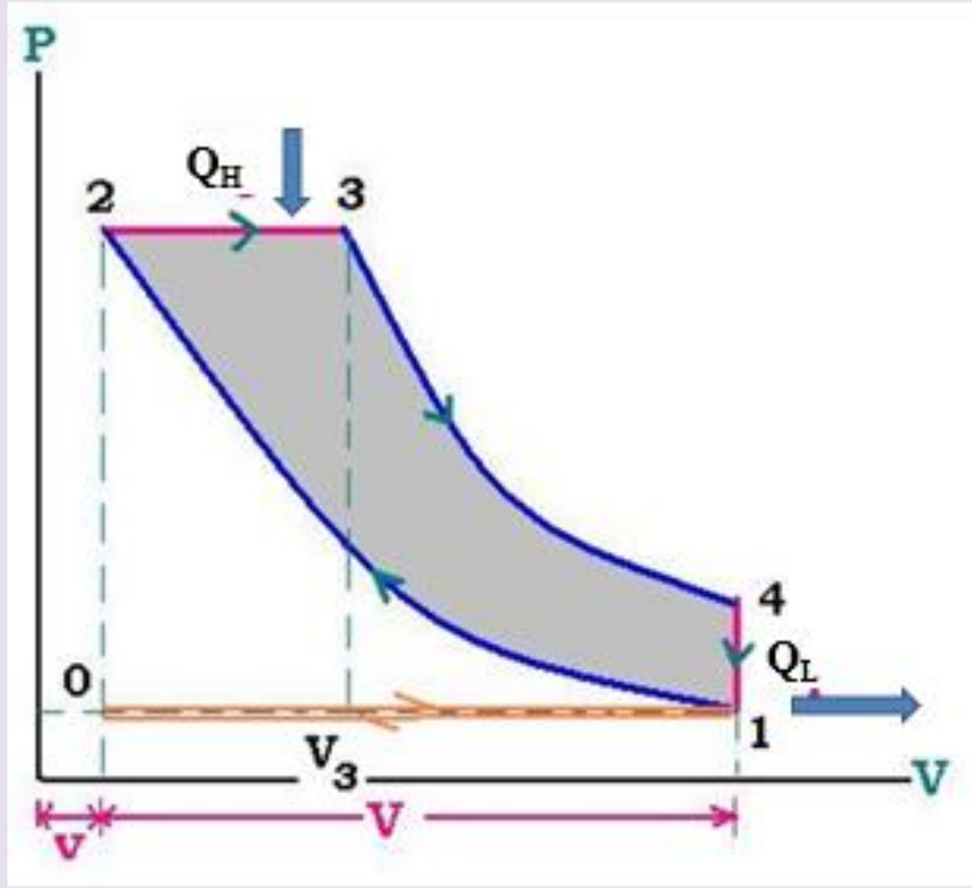
so $T_3 = Q_H/C_P + T_2$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Diesel

الاختلاف بين دورة ديزل ودورة أوتو يكمن في أن خلال الفترة من 2 إلى 3، يحدث تسليم الحرارة Q_c بشكل إيزوباري، وهذا يعني عند ضغط ثابت



لدينا $P_2 = P_3$,

الضغط يتغير من V_2 الى V_3

لدينا $Q_H = \Delta H = C_p \Delta T = C_p (T_3 - T_2)$

و منه $T_3 = Q_H/C_P + T_2$

Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

Ericsson Cycle

Stirling Cycle

Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

Different components of a gas thermal power plant

Diesel Cycle

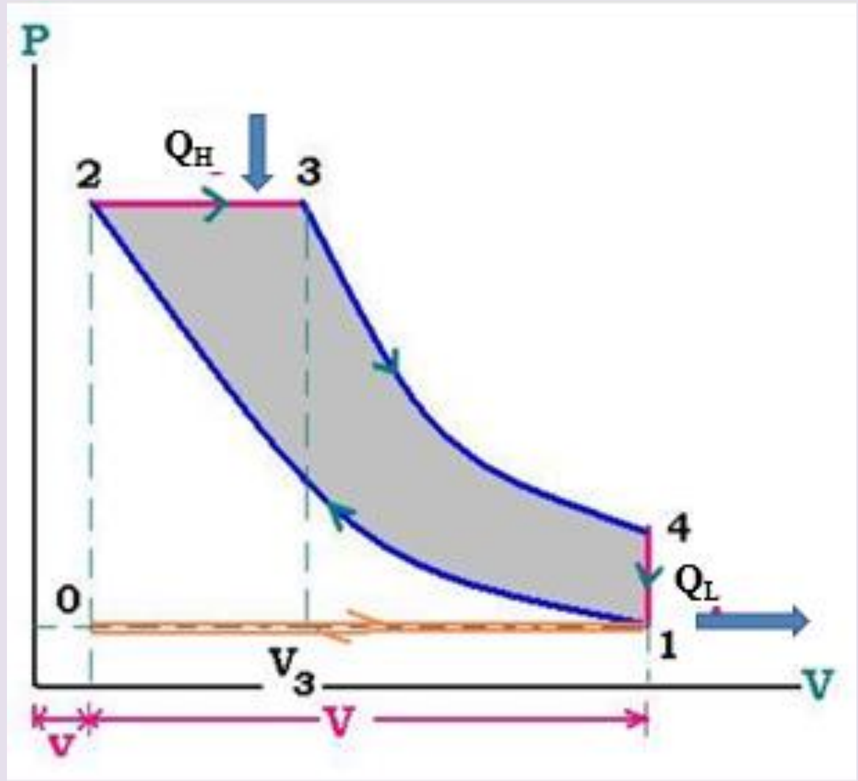
volumetric expansion ratio τ(3-4) is the ratio of V3 and V4

$V_4 = V_1$ et $P_2 = P_3$

In the case of an ideal gas we have:

$V_3 = RT_3/P_3$ *et* $V_4 = V_1 = RT_1/P_1$

$\rightarrow V_3/V_4 = (T_3/T_1)\ x\ (P_1/P_3)$



τ (1-2) is the volume compression ratio during phase 1-2.

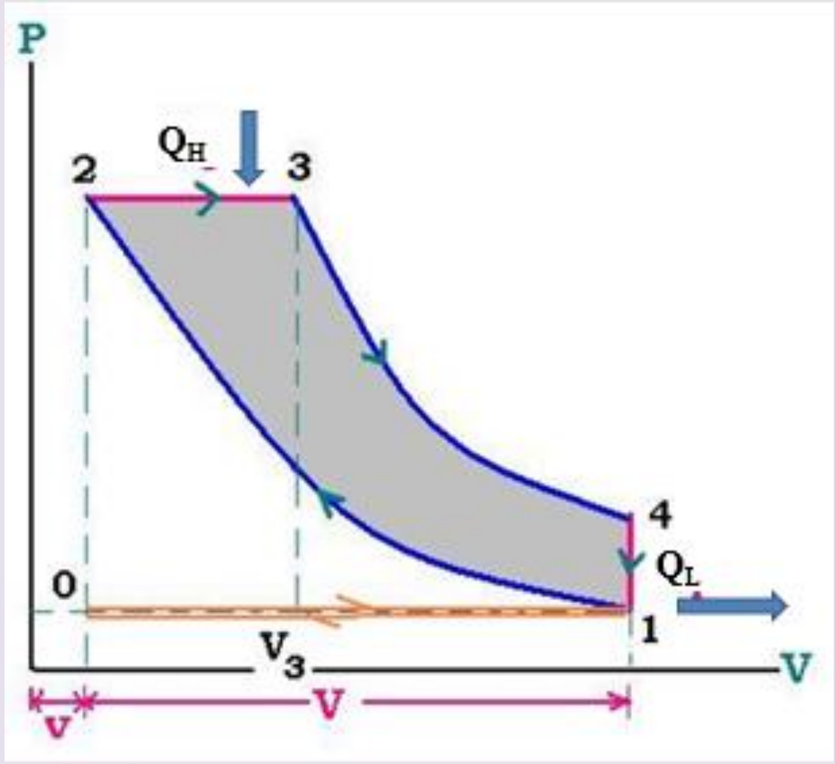
$\tau(1\text{-}2) = (V1/V2) = (P_2/P_1)^{1/\gamma}$ **Donc:** $\tau(3\text{-}4) = (T3/T1) / \tau(1\text{-}2)^{\gamma}$

<u>The yield :</u> $\eta = 1 - (|Q_L|/Q_H)$

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

دورة Diesel



نسبة التمدد الحجمي $\tau(3\text{-}4)$ هي نسبة بين V_3 و V_4.

$V_4 = V_1$ et $P_2 = P_3$

في حالة الغاز المثالي لدينا

$V_3 = RT_3/P_3$ et $V_4 = V_1 = RT_1/P_1$

$\rightarrow V_3/V_4 = (T_3/T_1)\ x\ (P_1/P_3)$

$\tau(1\text{-}2)$ هو نسبة ضغط الحجم خلال المرحلة 2-1

$\tau(1\text{-}2) = (V1/V2) = (P_2/P_1)^{1/\gamma}$ اذا $\tau(3\text{-}4) = (T3/T1) / \tau(1\text{-}2)^{\gamma}$

العائد أو الكفاءة: $\eta = 1 - (|Q_L|/Q_H)$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

EXERCICE Diesel Cycle

The compression ratio of a theoretical diesel cycle is 20. At the start of the compression stroke, the pressure is 0.1 Mpa and the temperature is 15°C. The heat supplied to the air per cycle set to 1800 kJ/kg of air.

Determine:

1. **The Pressure and temperature at the end of each evolution of the cycle**
2. **The Thermal efficiency**

$r_{(air)}$ =287J/kg.K $Cv_{(air)}$ =710 J/kg.K γ=1.4

$T_2 = 955.2K$

$P_2 = 6.629\ MPa$

$T_3 = 2748\ K$

$P_3 = P_2$

$V_3 = 0.118\ 96\ m^3/kg$

$T_4 = 1265\ K$

$\eta_{th} = 61.1\%$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Diesel

EXERCISE Diesel Cycle

نسبة الضغط لدورة ديزل النظرية هي 16. في بداية الانضغاط، يكون الضغط هو 0.1 ميغاباسكال والحرارة 15 درجة مئوية. الحرارة الموفرة للهواء في الدورة الواحدة تكون 1800 كيلوجول/كجم من الهواء.

أحسب:

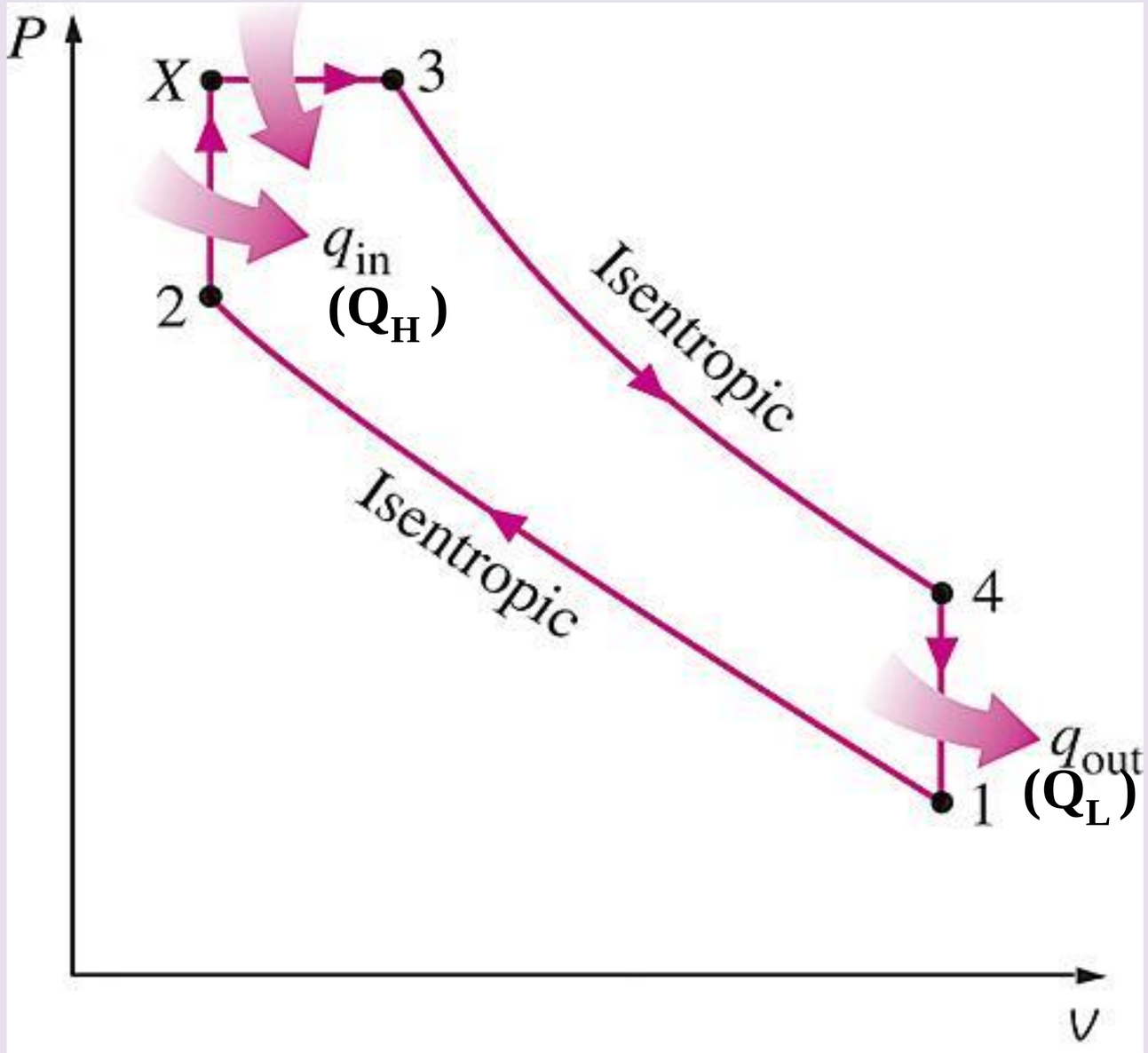
1. **الضغط والحرارة في نهاية كل تطور من دورة العمل.**
2. **الكفاءة الحرارية.**

$\gamma=1.4$ $r_{(air)}=287 J/kg.K$ $Cv_{(air)}=710\ J/kg.K$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

mixed cycle

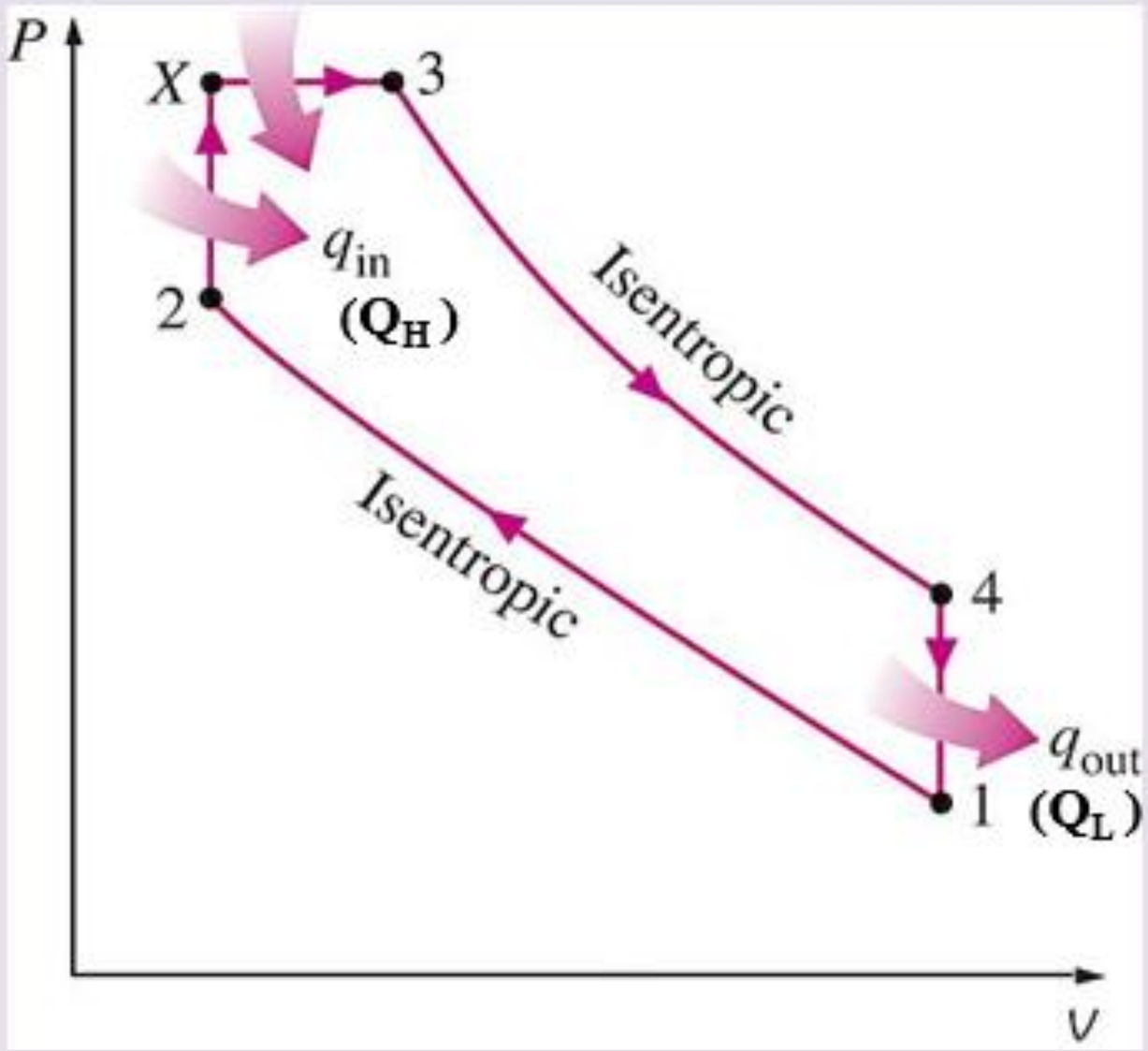
The two cycles can be combined (one part of the heat can be supplied to the system at constant volume; which represents the Otto cycle, and another part at constant pressure; which represents the Diesel cycle.



تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة مختلطة



يمكن دمج الدورتين (يمكن توفير جزء من الحرارة للنظام عند حجم ثابت، وهو يمثل دورة أوتو، وجزء آخر عند ضغط ثابت، وهو يمثل دورة ديزل

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

mixed cycle

In the Otto cycle all the heat transfer Q_H occurs at constant volume. It is more realistic to assume that part of Q_H occurs after the piston has started its downward motion in the expansion stroke. Therefore, consider a cycle identical to the Otto cycle, except that the first two-thirds of the total Q_H occurs at constant volume and the last one-third occurs at constant pressure. Assume that the total Q_H is 2100 kJ/kg, that the state at the beginning of the compression process is 90 kPa, 20° C, and that the compression ratio is 9.

Calculate:

1. **The maximum pressure and temperature**
2. **The thermal efficiency of this cycle.**
3. **Compare the results with those of a conventional Otto cycle having the same given variables.**

$P_1 = 90$ kPa, $T_1 = 20^oC$

$\tau = V_1/V_2 = 7$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

في دورة أوتو ، يحدث كل نقل الحرارة Q_H بحجم ثابت. من الواقعي أن نفترض أن جزءا م QH يحدث بعد أن يبدأ المكبس حركته الهبوطية في شوط التمدد. لذلك ، ضع في اعتبارك دورة مماثلة لدورة أوتو ، باستثناء أن الثلثين الأولين من إجمالي Q_H يحدثان عند حجم ثابت والثلث الأخير يحدث عند ضغط ثابت. افترض أن إجمالي Q_H هو 2100 kJ/ kg و أن الحالة في بداية عملية الضغط هي 90 kPa، 20 °C، وأن نسبة الضغط هي 9.

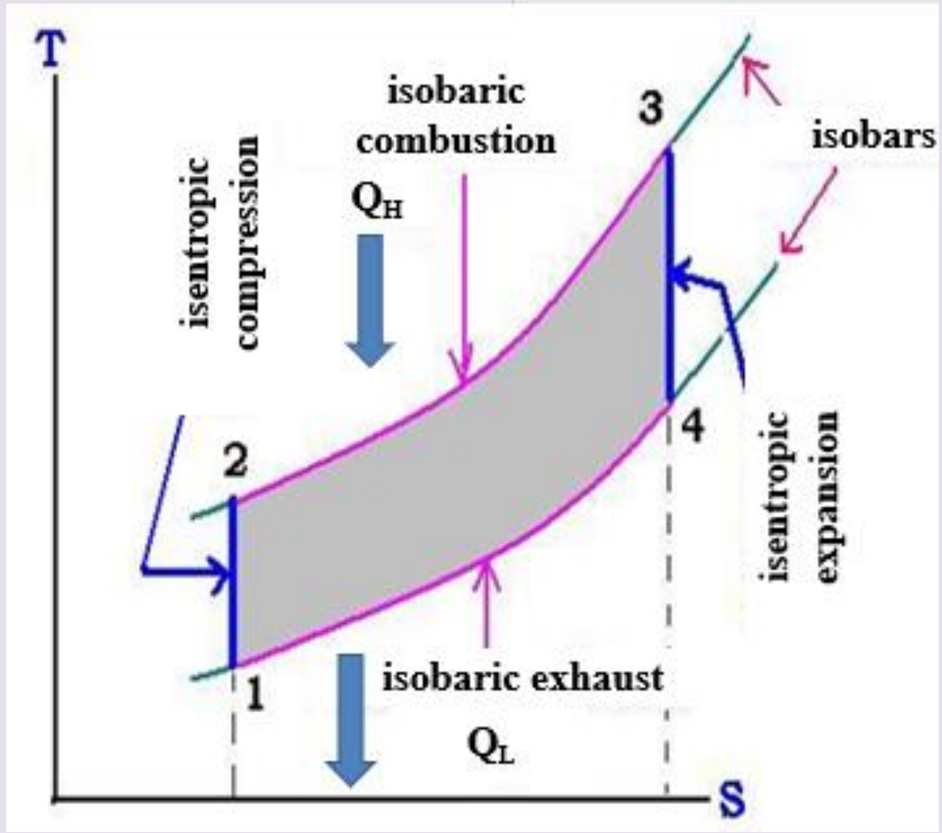
أحساب:

1. أقصى ضغط و اقصى درجة حرارة
2. الكفاءة الحرارية لهذه الدورة.
3. قارن النتائج مع نتائج دورة أوتو التقليدية التي لها نفس المعطيات.

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Brayton Cycle

The Brayton cycle is the gas turbine cycle



1-2 The process being adiabatic

$$T_2 = T_1[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1,$$

$$\text{donc } T_2 - T_1 = T_1[[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

ou, avec $\tau = P_2/P_1$

$$T_2 - T_1 = T_1[[\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

et $W(\text{reçu}) = C_p\Delta T = C_p(T_2 - T_1)$

2-3: at the level of the combustion chamber:

the process is isobaric P2 = P3.

the temperature rises from T2 to T3.

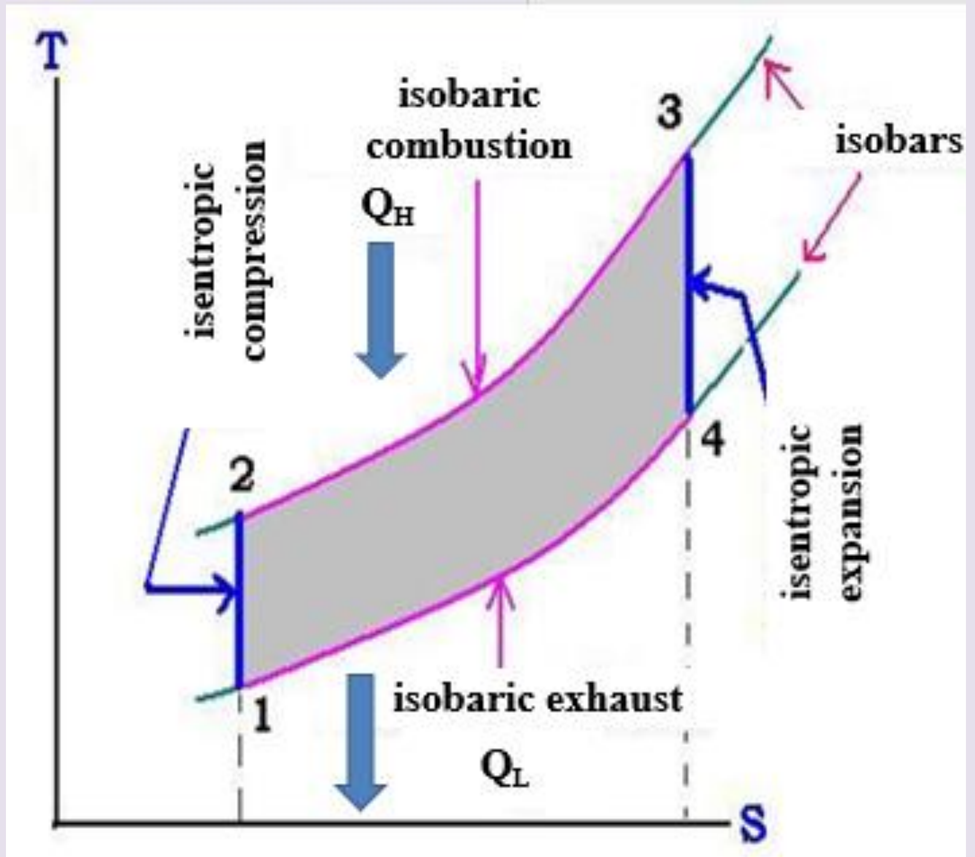
We have: $Q_H = C_p\Delta T = C_p(T_3 - T_2)$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Brayton

دورة برايتون هي دورة توربينة الغاز



العملية تكون غير مبادلة للحرارة 1-2

$$T_2 = T_1[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1,$$

اذا $T_2 - T_1 = T_1[[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$

ما دام $\tau = P_2/P_1$

اذا $T_2 - T_1 = T_1[[\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$

et W(مستلم) $= C_p\Delta T = C_p(T_2 - T_1)$

2-3: على مستوى غرفة الاحتراق:
العملية هي إيزوبارية حيث P2 = P3
ترتفع درجة الحرارة من T2إلى .T3

لدينا: $Q_H = C_p\Delta T = C_p(T_3 - T_2)$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Brayton Cycle

Process 3-4: at the turbine stage.

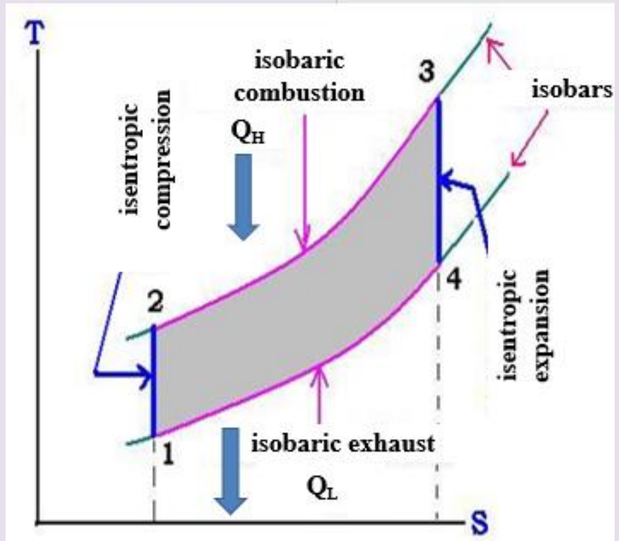
The temperature decreases from T3 to T4.

The process is adiabatic, hence Q = 0.

$$\rightarrow W = -\Delta H = -C_p\Delta T$$

$$W_{(supplied)} = -C_p\Delta T \qquad \text{avec } \Delta T = T_4 - T_3$$

$$W_{(supplied" or "provided)} = -C_p(T_4 - T_3)$$



$$T4 = T_3[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} \qquad \text{So, } T_4 - T_3 = T_3[[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

$$\text{où } T_4 = T_3[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} \quad \text{et } T_4 - T_3 = T_3[[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

Process 4-1: at the cooling stage.

During the process 4-1, which is isobaric, the gas is cooled by releasing a quantity of heat Q_L.

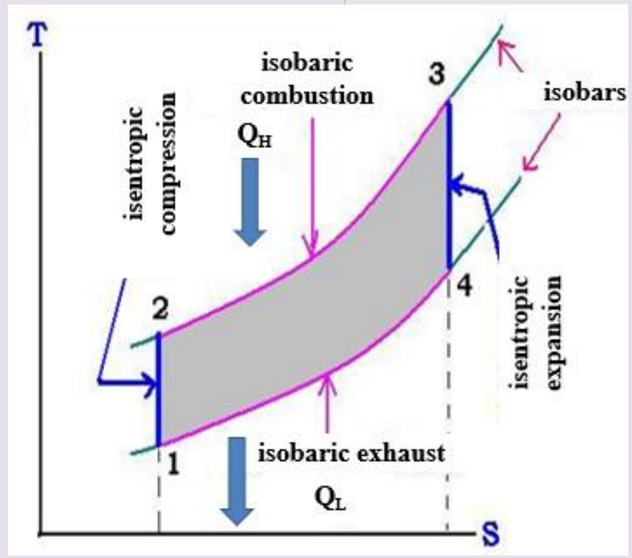
$$\text{We have } Q_L = -C_p\Delta T = -C_p(T_1 - T_4)$$

$$T_1 - T_4 = T_1 - T_3[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Brayton



العملية 3-4: على مستوى مرحلة التوربينة.
تنخفض درجة الحرارة من T3 إلى T4.
العملية غير مبادلة للحرارة، وبالتالي Q = 0.

$$\rightarrow W = -\Delta H = -Cp\Delta T$$

$$W\ (\text{مُزَوَّد}) = -Cp\Delta T \qquad \text{avec } \Delta T = T_4 - T_3$$

$$W\ (\text{مُزَوَّد}) = -Cp(T_4 - T_3)$$

$$T4 = T_3[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} \qquad \text{اذا, } T_4 - T_3 = T_3[[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

$$T_4 = T_3[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} \quad \text{et } T_4 - T_3 = T_3[[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

عملية 4-1: على مستوى مرحلة التبريد.

خلال العملية 4-1، التي هي إيزوبارية، يتم تبريد الغاز عن طريق إطلاق كمية حرارة Qf.

لدينا $Q_L = -C_p\Delta T = -Cp(T_1 - T_4)$

$$T_1 - T_4 = T_1 - T_3[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Brayton Cycle

The efficiency of this machine is given by: η = W(net) / W(input)

The efficiency of this machine can be expressed as:
η = (W(input) - |W(output)|) / W(input)

Received at the compressor and provided at the turbine.

$$W(net) = W(input) - W(output) = Cp(T2 - T1) - Cp(T4 - T3)$$

$$\eta = [Cp(T_2 - T_1) - Cp(T_4 - T_3)]/ [Cp(T_2 - T_1)] = 1 - [|(T_4 - T_3)|/(T_2 - T_1)]$$

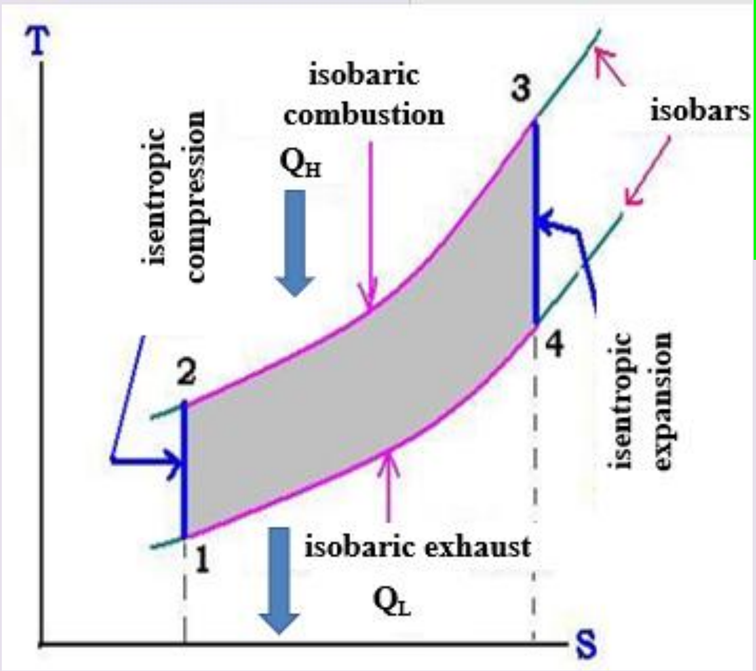
$$\eta = (Q_H - Q_L)/Q_H = 1 - (Q_L/Q_H)$$

$$= 1 - [Cp(T_1 - T_4)/Cp(T_3 - T_2)]$$
$$= 1 - [|(T_1 - T_4)|/(T_3 - T_2)]$$

Let the compression ratio be denoted by:
$\tau_p = P_2/P_1 = P_3/P_4$

So

$$\eta_{brayton} = 1 - [[1/\tau_p]^{(\gamma - 1)/\gamma}]$$



تعريف

دورة Carnot

دورة Otto

دورة Diesel

دورة مختلطة

دورة Brayton

دورة Ericsson

دورة Stirling

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Brayton

η = W(صافي) / W(داخل)

يمكن تعبير كفاءة هذا الجهاز على النحو التالي:

η = (W(داخل) - |W(خارج)|) / W(داخل)

متلقى عند الضاغط ومُزَوَّد عند التوربينة.

$$W(\text{صافي}) = W(\text{داخل}) - W(\text{خارج}) = Cp(T2 - T1) - Cp(T4 - T3)$$

$$\eta = [Cp(T_2 - T_1) - Cp(T_4 - T_3)]/ [Cp(T_2 - T_1)] = 1 - [|(T_4 - T_3)|/(T_2 - T_1)]$$

$$\eta = (Q_H - Q_L)/Q_H = 1 - (Q_L/Q_H)$$

$$= 1 - [Cp(T_1 - T_4)/Cp(T_3 - T_2)]$$

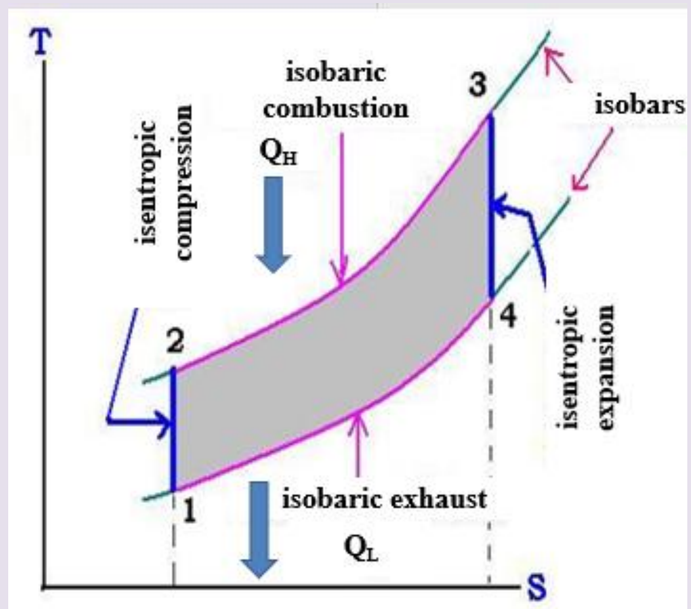
$$= 1 - [|(T_1 - T_4)|/(T_3 - T_2)]$$

لنعتبر نسبة الضغط معرفة بواسطة

$$\tau_p = P_2/P_1 = P_3/P_4$$

اذا

$$\eta_{brayton} = 1 - [[1/\tau_p]^{(\gamma - 1)/\gamma}]$$



Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Brayton Cycle

Exercise Brayton cycle

In a theoretical Brayton cycle, air enters the compressor at 0.1 MPa and 15°C. The outlet pressure of the compressor is 0.5 MPa, and the maximum cycle temperature is 900°C. Determine:

The pressure and temperature at each point of the cycle.

1. **The compressor work.**
2. **The turbine work.**
3. **The cycle efficiency.**

$$Cp = 1{,}0035 kJ/Kg.K$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Brayton

Exercice cycle de Brayton

في دورة برايتون النظرية ، يدخل الهواء إلى الضاغط عند 0.1 ميجا باسكال و 15 درجة مئوية. ضغط مخرج الضاغط 0.5 ميجا باسكال ، وأقصى درجة حرارة للدورة هي 900 درجة مئوية

أحسب

1. الضغط ودرجة الحرارة في كل نقطة من الدورة
2. .يعمل الضاغط.
3. عمل التوربينات.
4. كفاءة الدورة.

المعطيات

$Cp = 1{,}0035 kJ/Kg.K$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Ericsson Cycle; Stirling cycle

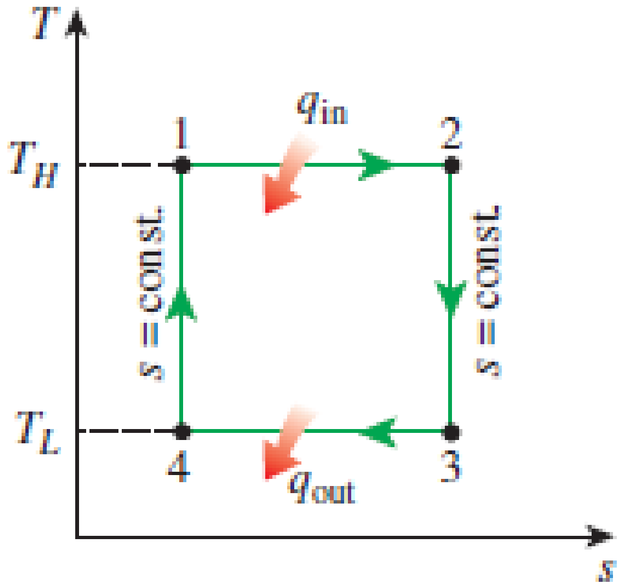
There are two other cycles that involve an isothermal heat addition process at T_H and an isothermal heat rejection process at T_L: the Stirling cycle and the Ericsson cycle. They differ from the Carnot cycle in that the two isentropic processes are replaced by two constant-volume regeneration processes in the Stirling cycle, and by two constant-pressure regeneration processes in the Ericsson cycle.

1-2 T = constant, expansion (heat addition from the external source)

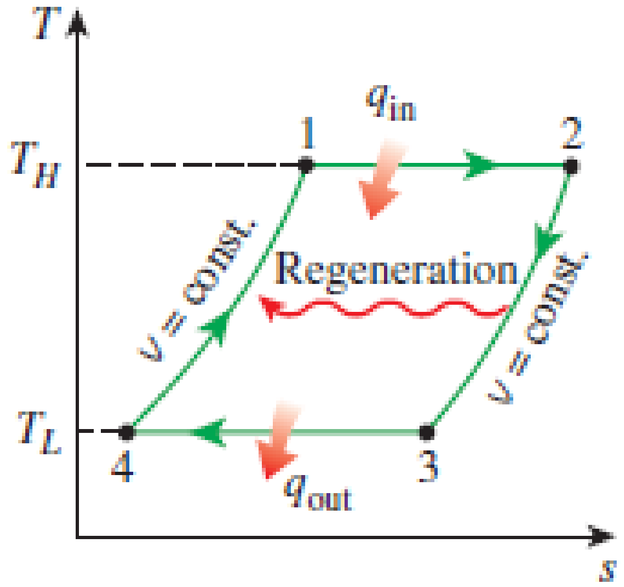
2-3 v = constant, regeneration (internal heat transfer from the working fluid to the regenerator)

3-4 T = constant, compression (heat rejection to the external sink)

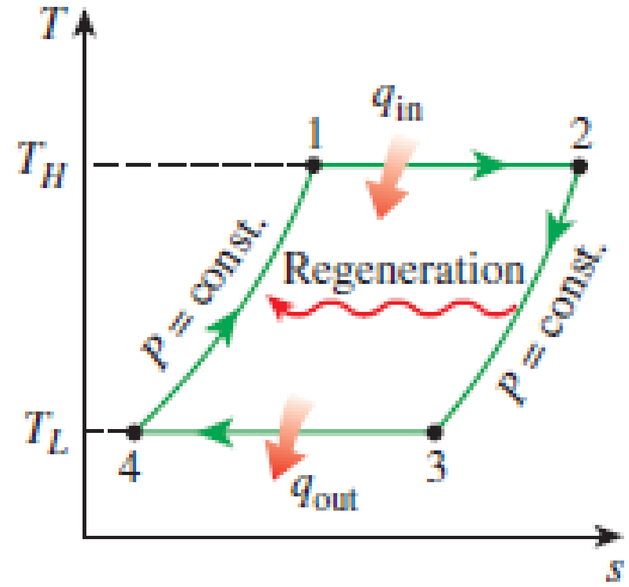
4-1 v = constant, regeneration (internal heat transfer from the regenerator back to the working fluid)



Carnot cycle



Stirling cycle



Ericsson cycle

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

Ericsson Cycle
Stirling cycle

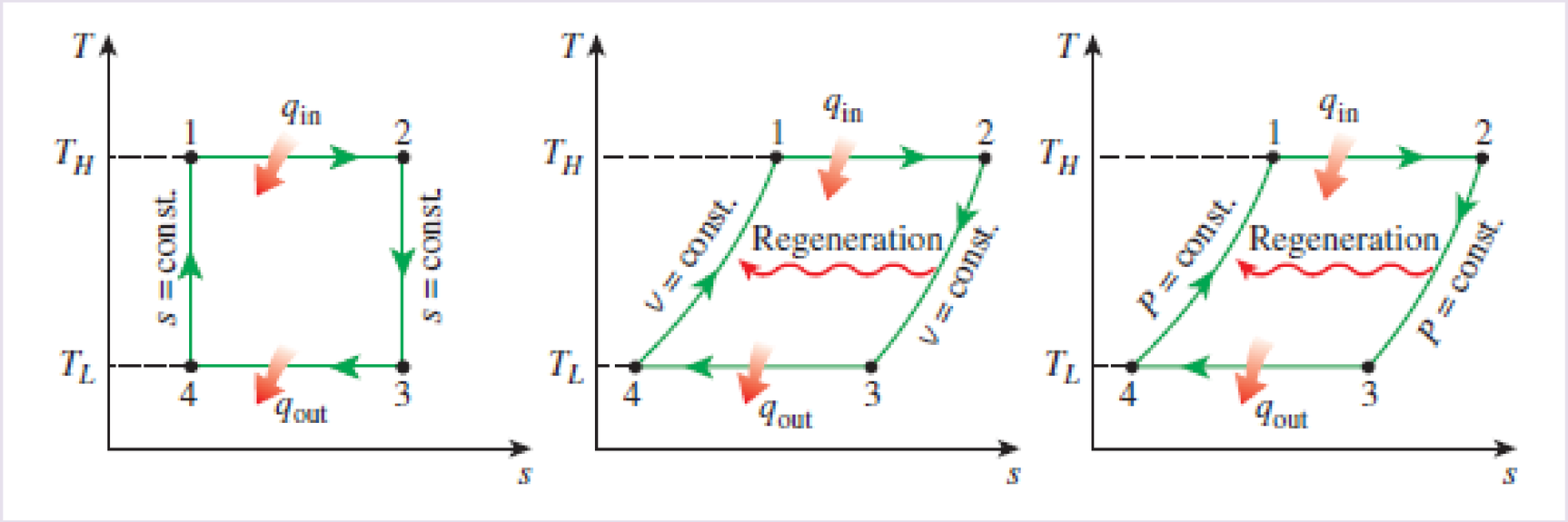
هناك دورتان أخريان تتضمنان عملية إضافة الحرارة عند T_H وعملية طرد الحرارة عند T_L وهي دورة ستيرلنغ ودورة إريكسون. وهي تختلف عن دورة كارنو في أن عمليتي متساوي الإنتروبيا يتم استبدالهما بعملية ثابت الحجم في دورة ستيرلنغ ، وعملية الضغط الثابت في دورة إريكسون.

1-2 T= ثابت, تمدد (إضافة حرارة من مصدر خارجي)

2-3 V= ثابت, نقل الحرارة (نقل الحرارة الداخلي من سائل العمل إلى المجدد)

4-3 T= ثابت, ضغط (رفض الحرارة إلى الحوض الخارجي)

1-4 V= ثابت, نقل الحرارة (نقل الحرارة الداخلي من المجدد إلى سائل العمل)



Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Ericsson Cycle
Stirling Cycle

The Stirling and Ericsson cycles are completely reversible, just like the Carnot cycle. According to the principle of the Carnot cycle, all three cycles must have the same thermal efficiency when operating between the same temperature limits.

$$\eta_{th,Stirling} = \eta_{th,Ericsson} = \eta_{th,Carnot} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Ericsson
دورة Stirling

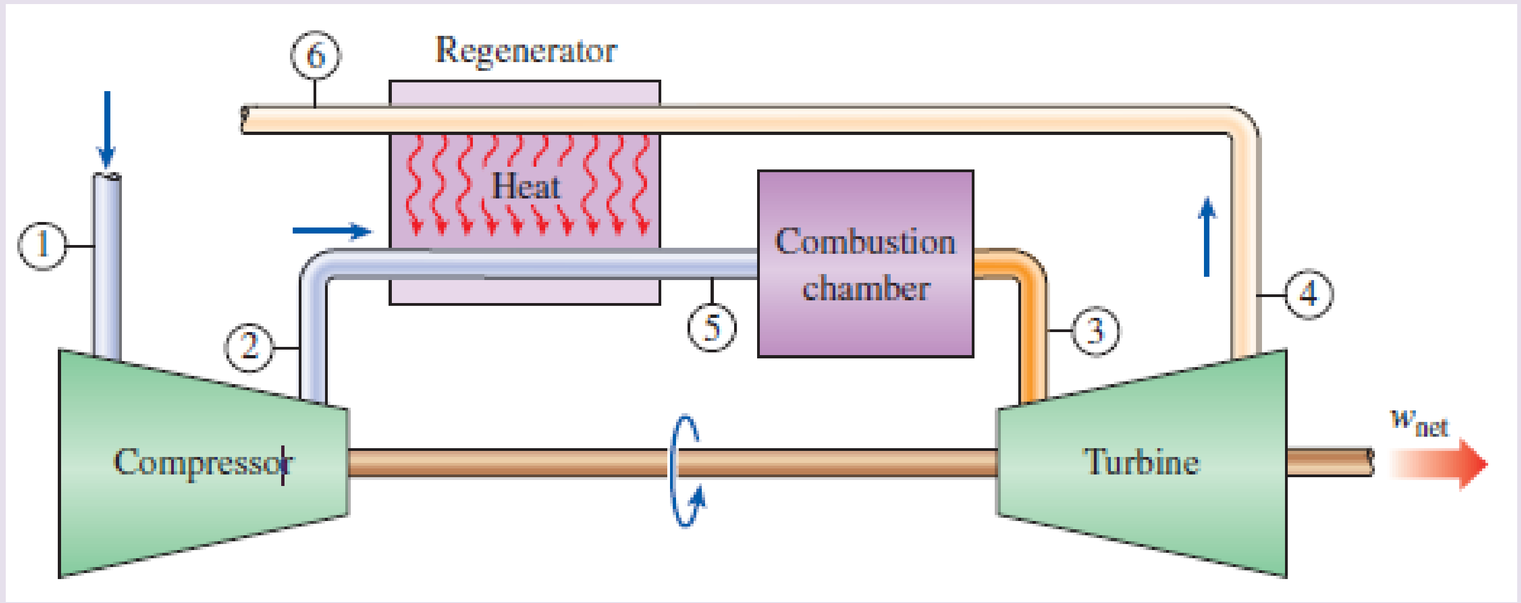
دورتي ستيرلينج وإريكسون هما قابلتين للعكس تمامًا، تمامًا مثل دورة كارنو. وفقًا لمبدأ دورة كارنو، يجب أن تكون لدى الدورات الثلاث نفس الكفاءة الحرارية عند التشغيل بين حدود درجات حرارة متماثلة

$$\eta_{th,Stirling} = \eta_{th,Ericsson} = \eta_{th,Carnot} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
The Brayton cycle with regeneration
Different components of a gas thermal power planr

The Brayton cycle with regeneration

In gas-turbine engines, the temperature of the exhaust gas leaving the turbine is often considerably higher than the temperature of the air leaving the compressor. Therefore, the high-pressure air leaving the compressor can be heated by transferring heat to it from the hot exhaust gases in a counter-flow heat exchanger, which is also known as a regenerator or a recuperator

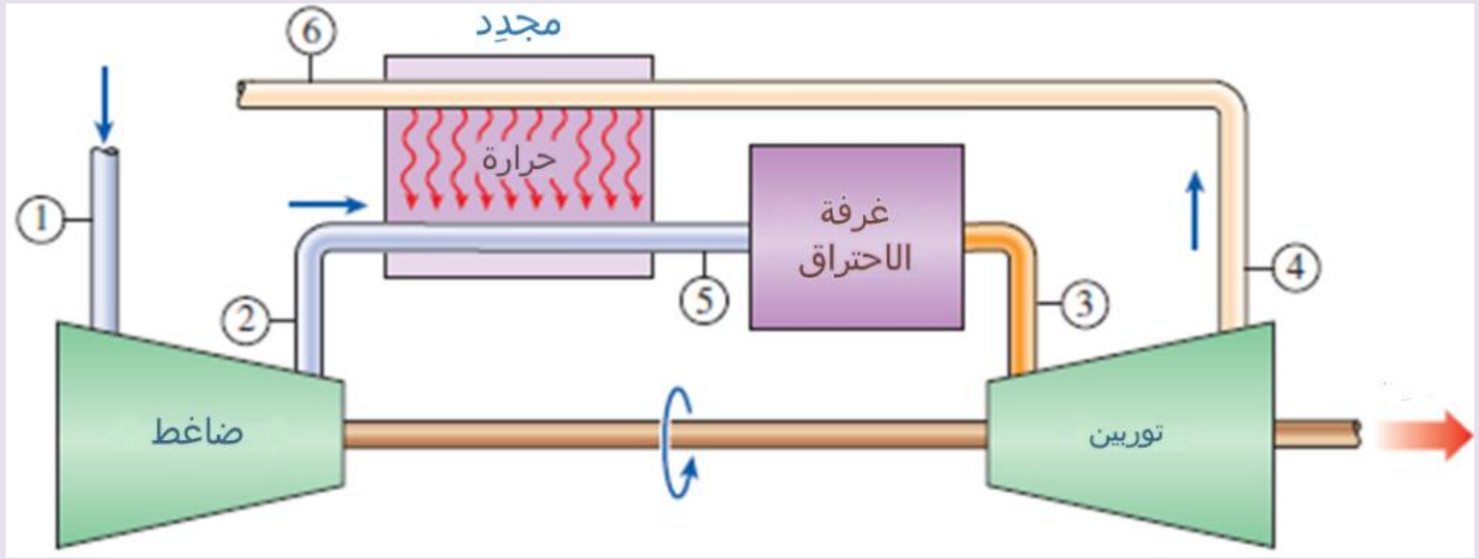


A gas-turbine engine with regenerator.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة برايتون مع إعادة التوليد
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

دورة برايتون مع إعادة التوليد

في محركات التوربينات الغازية، تكون درجة حرارة غاز العادم الخارج من التوربين غالبًا أعلى بكثير من درجة حرارة الهواء الخارج من الضاغط. لذلك يمكن تسخين الهواء عالي الضغط الخارج من الضاغط عن طريق نقل الحرارة إليه من غازات العادم الساخنة في مبدل حراري ذو تدفق معاكس، والذي يُعرف أيضًا بالمولد الحراري أو المسترجع الحراري.



Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

Ericsson Cycle

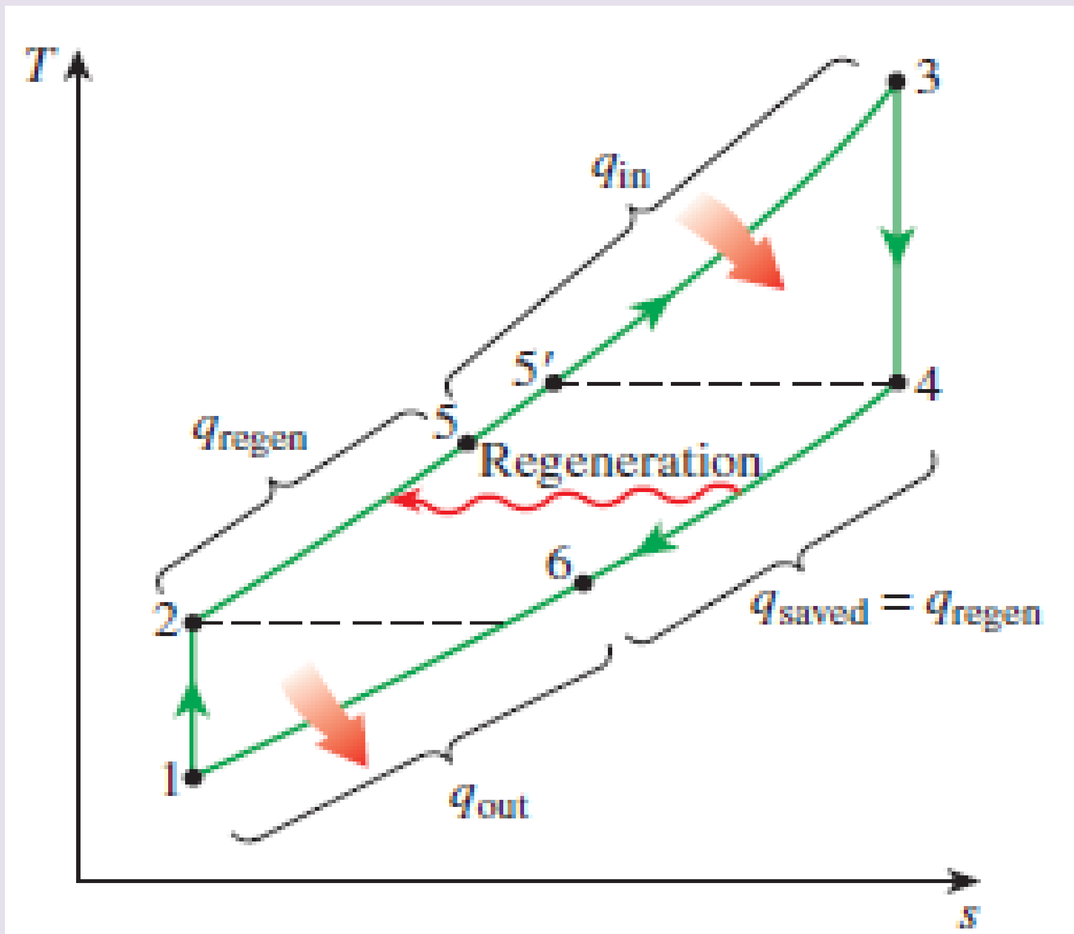
Stirling Cycle

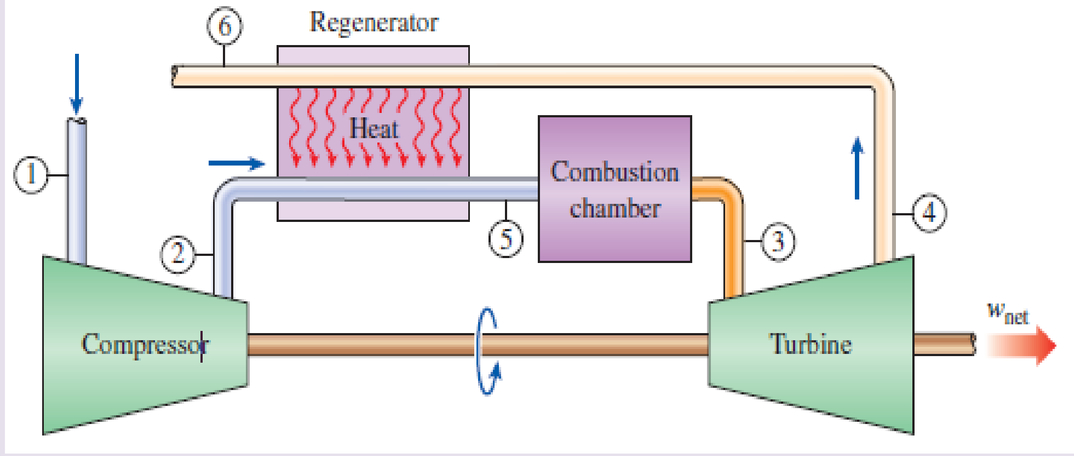
The Brayton cycle with regeneration

Different components of a gas thermal power planr

The Brayton cycle with regeneration

The thermal efficiency of the Brayton cycle increases as a result of regeneration since the portion of energy of the exhaust gases that is normally rejected to the surroundings is now used to preheat the air entering the combustion chamber. This, in turn, decreases the heat input (thus fuel) requirements for the same net work output. Note, however, that the use of a regenerator is recommended only when the turbine exhaust temperature is higher than the compressor exit temperature. Otherwise, heat will flow in the reverse direction(*to* the exhaust gases), decreasing the efficiency

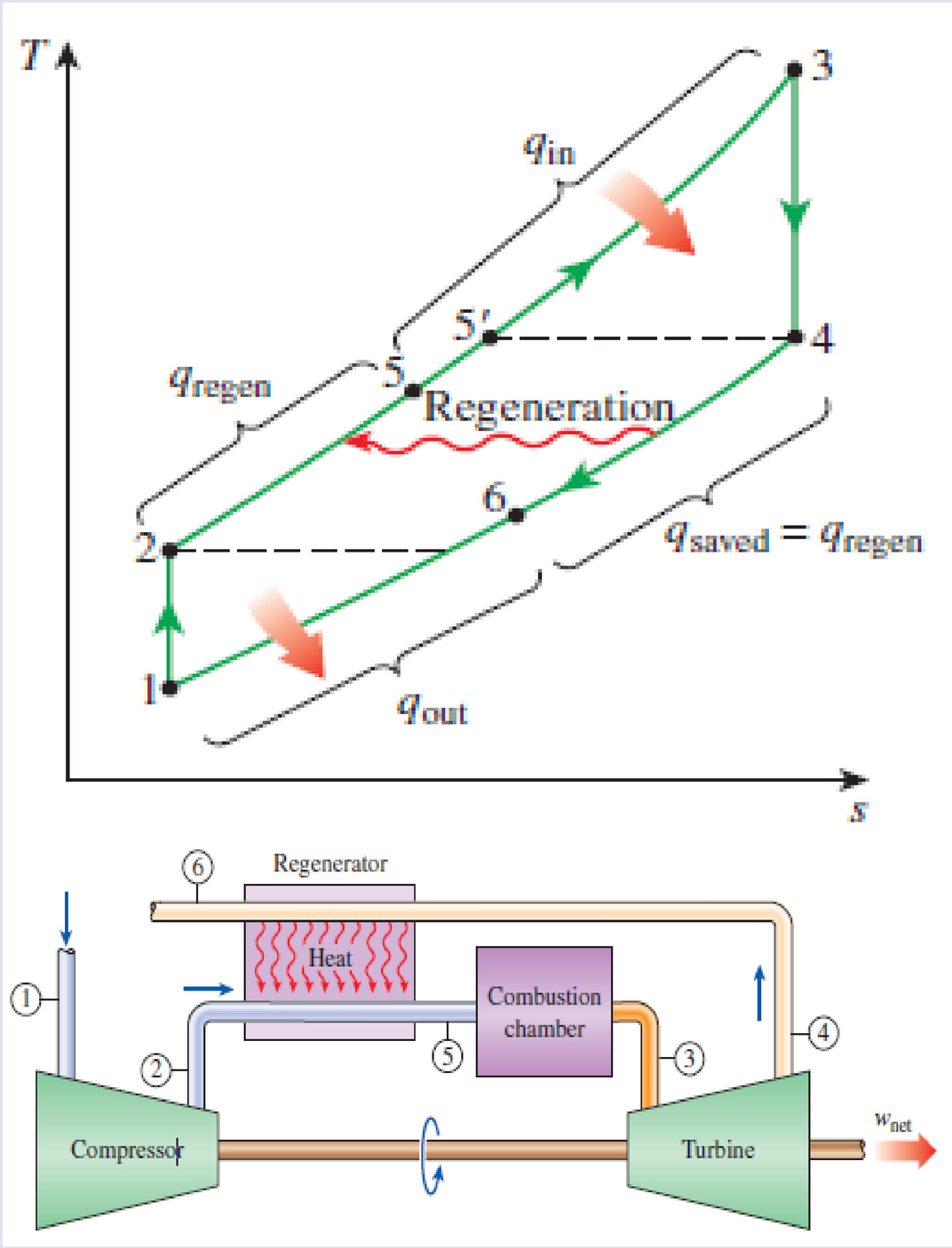




Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
The Brayton cycle with regeneration
Different components of a gas thermal power planr

دورة برايتون مع إعادة التوليد

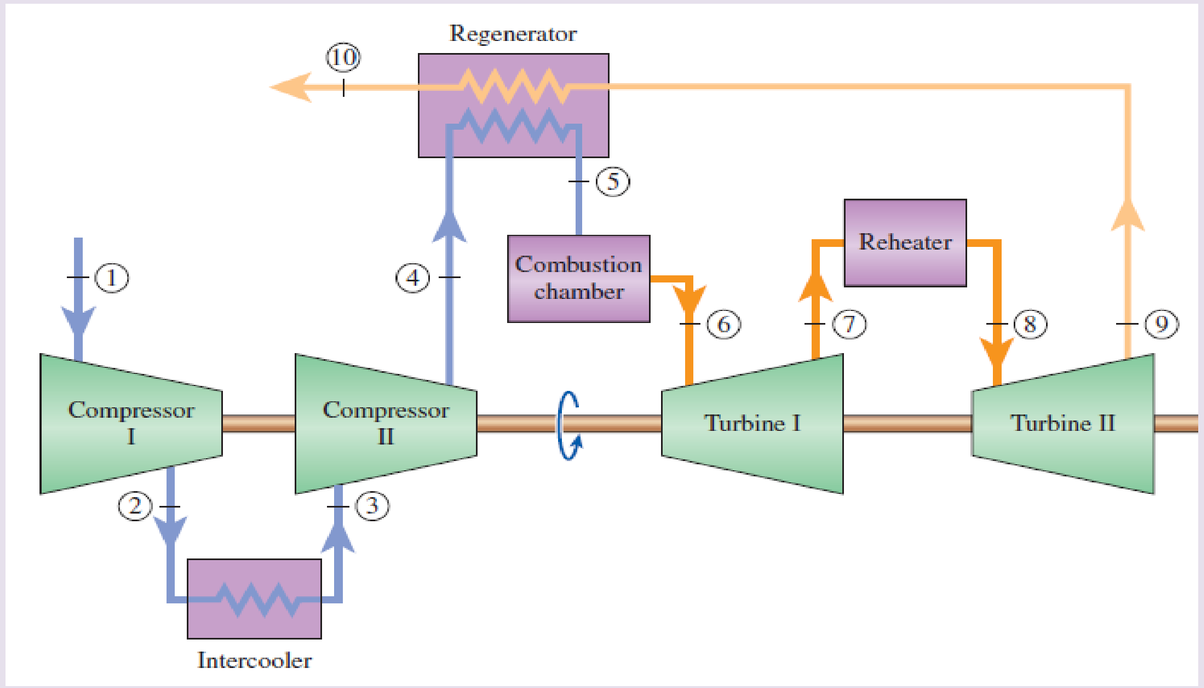
تزداد الكفاءة الحرارية لدورة برايتون نتيجة للتجديد لأن جزء الطاقة من غازات العادم التي يتم رفضها عادة إلى المناطق المحيطة يستخدم الآن لتسخين الهواء الداخل إلى غرفة الاحتراق. وهذا بدوره يقلل من متطلبات مدخلات الحرارة (وبالتالي الوقود) لنفس صافي ناتج العمل. لاحظ ، مع ذلك ، أنه يوصى باستخدام المجدد فقط عندما تكون درجة حرارة عادم التوربين أعلى من درجة حرارة خروج الضاغط. خلاف ذلك ، سوف تتدفق الحرارة في الاتجاه العكسي (إلى غازات العادم) ،



Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
The Brayton cycle with intercooling, Reheating, and regeneration
Different components of a gas thermal power plant

The Brayton cycle with intercooling Reheating, and regeneration

The net work of a gas-turbine cycle is the difference between the turbine work output and the compressor work input, and it can be increased by either decreasing the compressor work or increasing the turbine work, or both. We know that the work required to compress a gas between two specified pressures can be decreased by carrying out the compression process in stages and cooling the gas in between (Fig. 9–42)—that is, using multistage compression with intercooling. As the number of stages is increased, the compression process becomes nearly isothermal at the compressor inlet emperature, and the compression work decreases. Likewise, the work output of a turbine operating between two pressure levels can be increased by expanding the gas in stages and reheating it in between—that is, utilizing multistage expansion with reheating.



تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

تُحقَق استرداد الحرارة (أو التجدّد) عن طريق استخدام مسترجع حراري (معزز حراري) لتسخين الهواء المضغوط الخارج من الضاغط C2 قبل دخوله غرفة الاحتراق. يتم ذلك عن طريق نقل الحرارة من الغازات الساخنة المخرجة من مرحلة التوربين الثانية T2 قبل أن تخرج إلى الجو. بالإضافة إلى ذلك، يحدث عملية احتراق ثانية (إعادة التسخين) في غرفة الاحتراق الثانية Ch-C2، حيث يتم إدخال الغازات المخرجة من التوربين T1 لتجريب تمدد ثانٍ في مرحلة التوربين الثانية .T2

يتم تحقيق هذا الارتفاع في كفاءة الحرارة للدورة وزيادة الطاقة المولدة على حساب تكاليف أعلى وتعقيد متزايد للنظام المقابل.

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Multi-stage cycle with regenerator, cooling, and intermediate reheating

Considering Cp and the mass (m) of the working fluid remain constant, the energy balance for the reversible cycle (1-2-3-4-10-5-6-7-8-9-1) and the irreversible cycle (1-2'-3-4'-10'-5-6'-7-8'-9'-1), represented by figures a and b, respectively, provide the following information regarding compression work, expansion work, and heat exchange:

$W_{C1} = W_{1\text{-}2} = (H_2 - H_1) = m.Cp.(T_2 - T_1)$	reversible
$W_{C2} = W_{3\text{-}4} = (H_4 - H_3) = m.Cp.(T_4 - T_3)$	reversible
$W_{T1} = W_{6\text{-}7} = (H_7 - H_6) = m.Cp.(T_7 - T_6)$	reversible
$W_{T2} = W_{8\text{-}9} = (H_9 - H_8) = m.Cp.(T_9 - T_8)$	reversible
$Q_1 = Q_{Ch\text{-}C1} + Q_{Ch\text{-}C2} = Q_{5\text{-}6} + Q_{7\text{-}8} = m.Cp[(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)]$	reversible
$Q_2 = Q_{2\text{-}3} + Q_{10\text{-}1} = m.Cp[(T_3 - T_2) + (T_1 - T_{10})]$	reversible

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

باعتبار ثابتًا قيمة Cp وكتلة (m) المادة العاملة، فإن التوازن الحراري للدورة القابلة للعكس (1-2-3-4-5-10-6-7-8-9-1) والدورة غير القابلة للعكس (1-2'-3-4'-5-10'-6-7-8'-9-1')، والتي يتم تمثيلها بالشكلين أ وب، يوفران المعلومات التالية بشأن العمل الضاغط والعمل التوسعي وتبادل الحرارة

$$W_{C1} = W_{1\text{-}2} = (H_2 - H_1) = m.Cp.(T_2 - T_1) \quad \text{reversible}$$

$$W_{C2} = W_{3\text{-}4} = (H_4 - H_3) = m.Cp.(T_4 - T_3) \quad \text{reversible}$$

$$W_{T1} = W_{6\text{-}7} = (H_7 - H_6) = m.Cp.(T_7 - T_6) \quad \text{reversible}$$

$$W_{T2} = W_{8\text{-}9} = (H_9 - H_8) = m.Cp.(T_9 - T_8) \quad \text{reversible}$$

$$Q_1 = Q_{Ch\text{-}C1} + Q_{Ch\text{-}C2} = Q_{5\text{-}6} + Q_{7\text{-}8} = m.Cp[(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)] \quad \text{reversible}$$

$$Q_2 = Q_{2\text{-}3} + Q_{10\text{-}1} = m.Cp[(T_3 - T_2) + (T_1 - T_{10})] \quad \text{reversible}$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Multi-stage cycle with regenerator, cooling, and intermediate reheating

Cooling and intermediate reheating cycle:

When the cycle is irreversible

$$W'_{C1} = W_{1\text{-}2'} = (H_{2'} - H_1) = m.Cp.(T_{2'} - T_1) \quad \text{irreversible}$$

$$W'_{C2} = W_{3\text{-}4'} = (H_{4'} - H_3) = m.Cp.(T_{4'} - T_3) \quad \text{irreversible}$$

$$W'_{T1} = W_{6\text{-}7'} = (H_{7'} - H_6) = m.Cp.(T_{7'} - T_6) \quad \text{irreversible}$$

$$W'_{T2} = W_{8\text{-}9'} = (H_{9'} - H_8) = m.Cp.(T_{9'} - T_8) \quad \text{irreversible}$$

$$Q'_2 = Q_{2'\text{-}3} + Q_{10'\text{-}1} = m.Cp[(T_3 - T_{2'}) + (T_1 - T_{10'})] \quad \text{irreversible}$$

The correspondents yields are

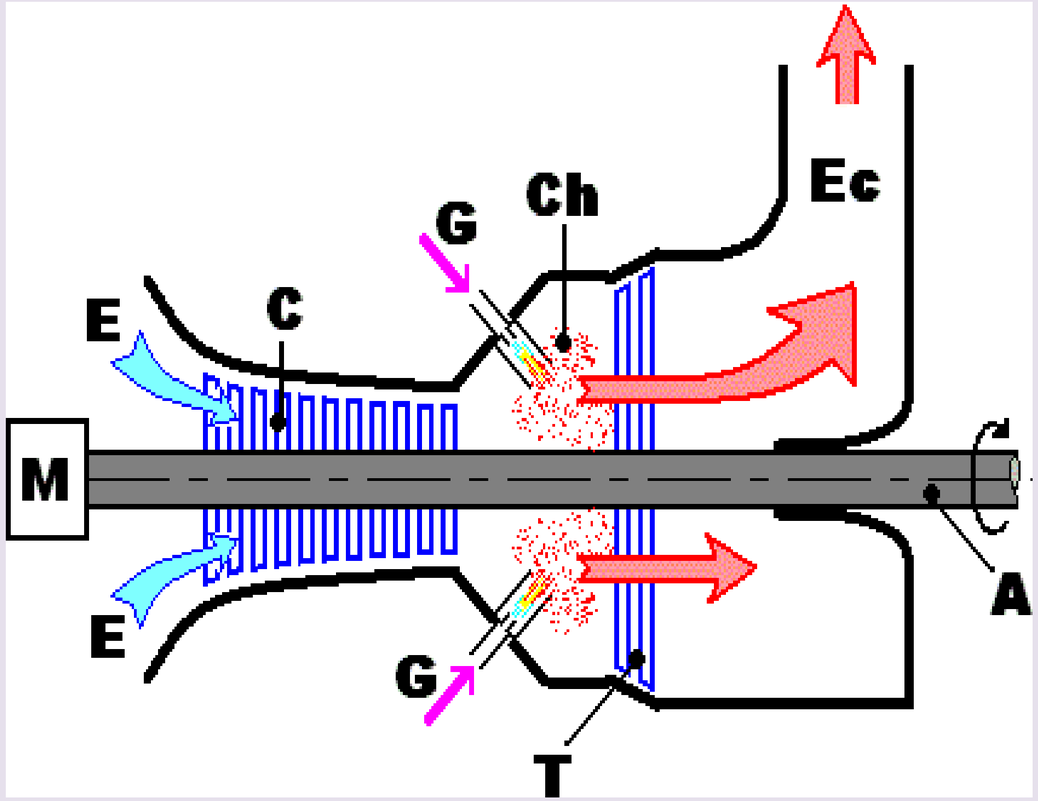
$$\eta_{th} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{(T_2 - T_3) + (T_{10} - T_1)}{(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)} \quad \text{reversible}$$

$$\eta'_{th} = 1 - \frac{|Q'_2|}{|Q'_1|} = 1 - \frac{(T_{2'} - T_3) + (T_{10'} - T_1)}{(T_6 - T_{5'}) + (T_8 - T_{7'})} \quad \text{irreversible}$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Different components of a gas power plant.

The gas turbine is essentially an internal combustion engine (similar to a diesel engine) but built in the form of a turbine. The turbine consists of a driving shaft A that powers a compressor C. Fuel G is injected into the combustion chamber Ch, driving a turbine T. The load to be driven M is located on the compressor side (cooler side).



تعريف

دورة Carnot

دورة Otto

دورة Diesel

دورة مختلطة

دورة Brayton

دورة Ericsson

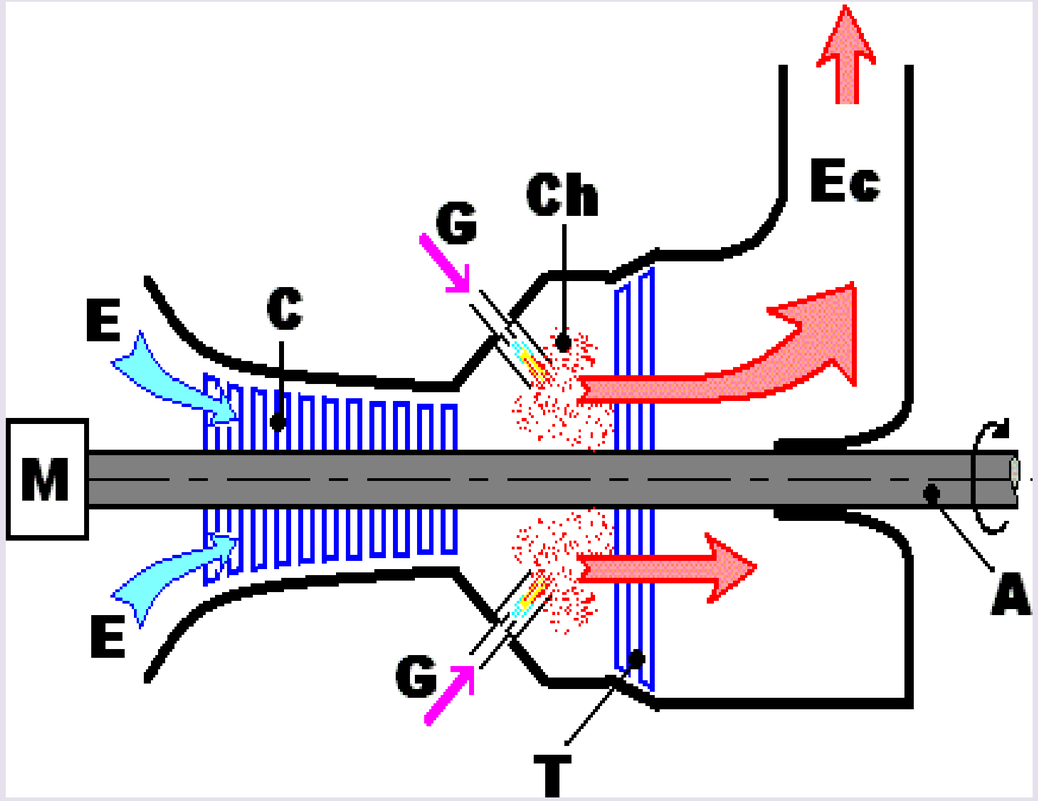
دورة Stirling

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

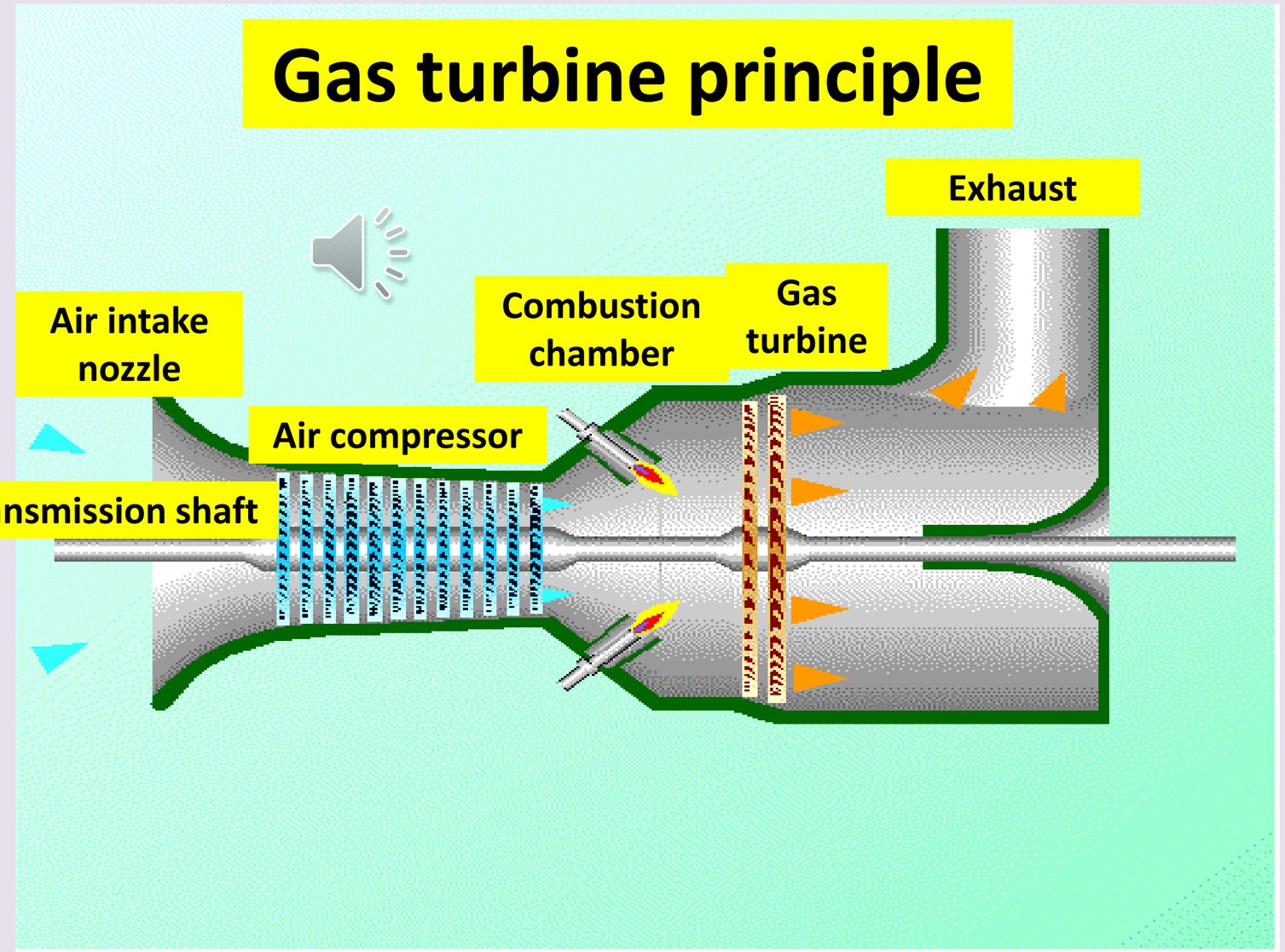
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية



التوربينة الغازية هي في الأساس محرك احتراق داخلي (مشابه لمحرك الديزل) ولكنه مبني على شكل توربينة. تتكون التوربينة من عمود دفع A يشغل ضاغط C. يتم حقن الوقود G في غرفة الاحتراق Ch، مما يدفع التوربينة T. يتم وضع الحمل الذي يجب تشغيله M على جانب الضاغط (الجانب الأبرد).

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Different components of a gas thermal power



تعريف

دورة Carnot

دورة Otto

دورة Diesel

دورة مختلطة

دورة Brayton

دورة Ericsson

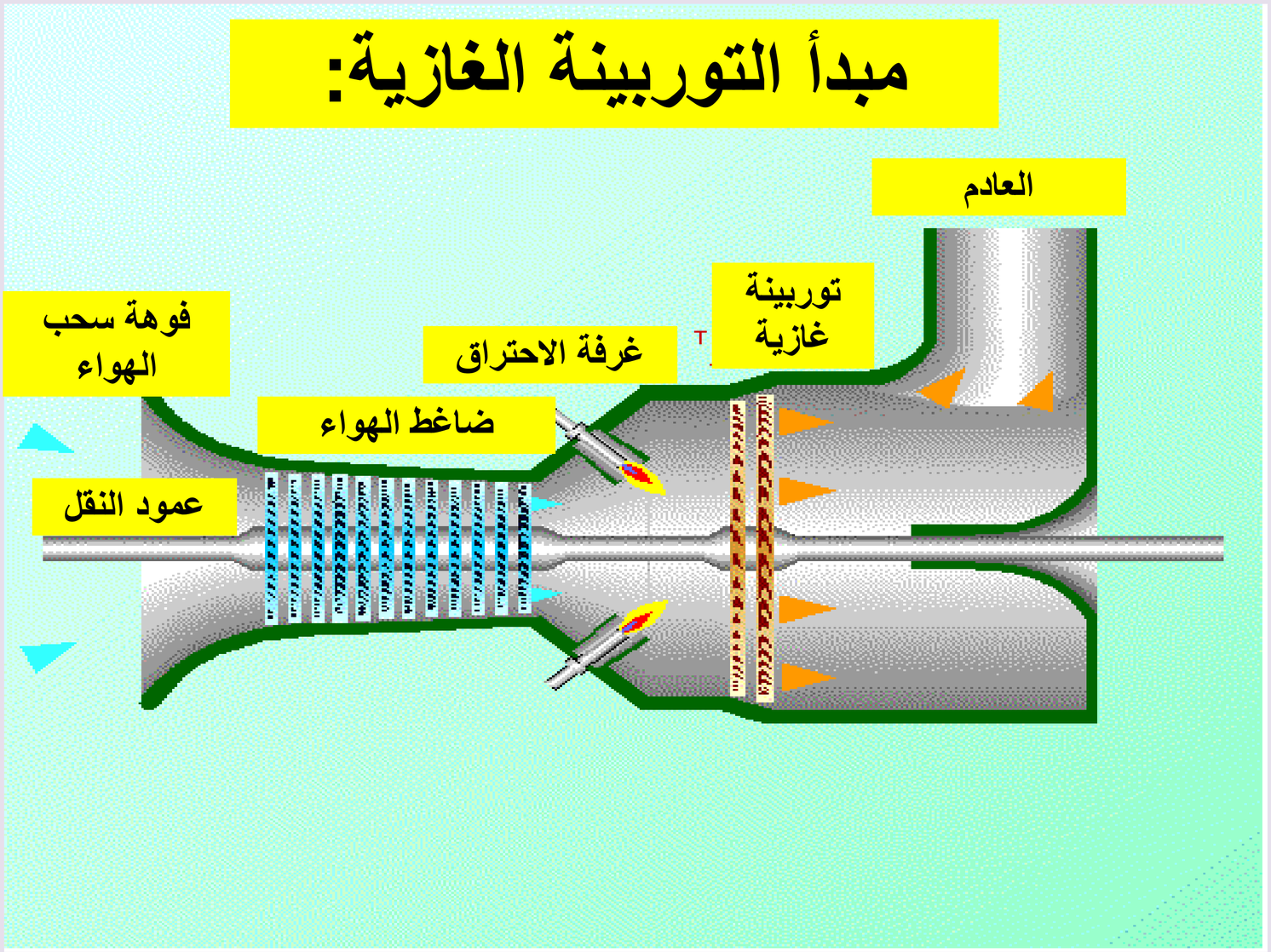
دورة Stirling

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية بالغاز تشمل:



تعريف
Carnot دورة
Otto دورة
Diesel دورة
دورة مختلطة
Brayton دورة
Ericsson دورة
Stirling دورة
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

The components of a gas thermal power plant include:

Engine (gas turbine): Used to convert thermal energy into mechanical energy.

Generator: Used to convert the mechanical energy generated from the engine into electrical energy.

Combustion chamber: contains fuel and allows the combustion process to generate heat.

Compressor: Used to draw and compress atmospheric air before it enters the combustion chamber.

Heating: Heat exchangers are used to heat compressed air before it enters the combustion chamber.

Cooling: Heat exchangers are used to cool gases leaving the engine before they enter other heat exchangers or discharge.

Fuel system: includes the supply of fuel (such as natural gas or light oil) to the combustion chamber.

Control system: used to control the performance of the engine and adjust the thermal and electrical processes in the terminal.

Cooling system: Used to cool the thermal components in the engine and other heat exchangers.

Discharge system: Used to remove gases from the combustion process and

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية بالغاز تشمل:

المحرك (التوربينة الغازية): تستخدم لتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية.

المولد: يستخدم لتحويل الطاقة الميكانيكية المولدة من المحرك إلى طاقة كهربائية.

غرفة الاحتراق: تحتوي على الوقود وتسمح بحدوث عملية الاحتراق لتوليد الحرارة.

الضاغط: يستخدم لسحب الهواء الجوي وضغطه قبل دخوله إلى غرفة الاحتراق.

التسخين: يتم استخدام مبادلات حرارية لتسخين الهواء المضغوط قبل دخوله إلى غرفة الاحتراق.

التبريد: يتم استخدام مبادلات حرارية لتبريد الغازات الخارجة من المحرك قبل دخولها إلى مبادلات الحرارة الأخرى أو التصريف.

نظام الوقود: يشمل توريد الوقود (مثل الغاز الطبيعي أو النفط الخفيف) إلى غرفة الاحتراق.

نظام التحكم: يستخدم للتحكم في أداء المحرك وضبط العمليات الحرارية والكهربائية في المحطة.

نظام التبريد: يستخدم لتبريد المكونات الحرارية في المحرك والمبادلات الحرارية الأخرى.

نظام التصريف: يستخدم لإزالة الغازات الناتجة عن عملية الاحتراق والمواد الضارة الأخرى من المحرك.

نظام المياه: يستخدم لتبريد المحرك والتحكم في درجة حرارة المكونات الحرارية.

هذه هي بعض المكونات الأساسية لمحطة توليد الطاقة الحرارية بالغاز، ويمكن أن تختلف التركيبة والمكونات الدقيقة بناءً على نوع المحرك وحجم المحطة واحتياجات الطاقة.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية