Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

2. THEORETICAL DIAGRAM

2. المخطط النظري

The theoretical diagram of a 4-stroke engine is the ideal diagram. It does not take into account the following factors:

1- Time taken by the valves to open.

2- Ignition time of the mixture.

3- Gas inertia.

4- Heat exchange with the outside.

المخطط النظري لمحرك رباعي الأشواط هو مخطط مثالي، إذ لا يأخذ بعين الاعتبار العوامل التالية:

1- الزمن اللازم لفتح الصمامات.

2- زمن اشتعال الخليط.

3- قصور (عطالة) الغاز.

4- التبادل الحراري مع الوسط الخارجي.

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

The theoretical diagram does not take into account some drawbacks.

To avoid these, the opening time of the valves is modified as follows:

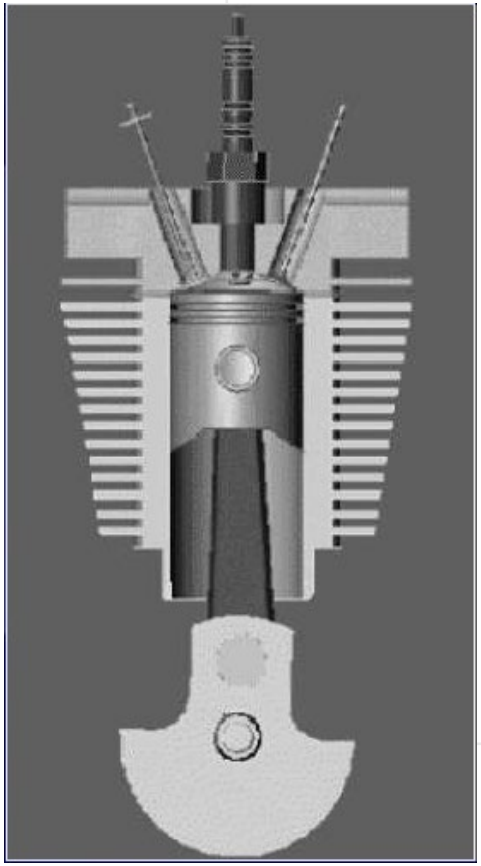
- **The ignition of a gas is not instantaneous due to its inertia**
- **The valve opening is not instantaneous**
- **Temperature variation is Modified through exchanges with the outside**
- **Inflammation delay is not taken into account.**
- **Full combustion requires a while**

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

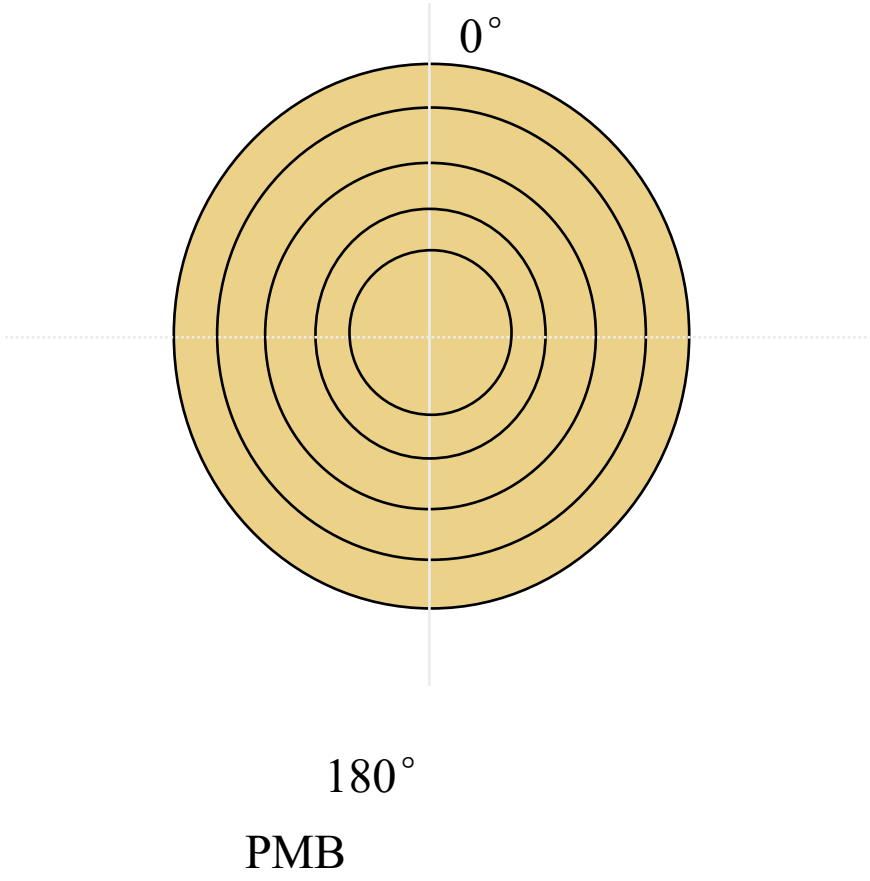
الرسم البياني النظري لا يأخذ في الاعتبار بعض العيوب لتجنب ذلك ، يتم تعديل وقت فتح الصمامات على النحو التالي:

- اشتعال الغاز ليس فوريا يرجع إلى القصور الذاتي
- فتحة الصمام ليس فوريا
- تغير درجة الحرارة معدلة من خلال التبادلات مع الخارج
- لا يؤخذ الالتهاب التأخر في الاعتبار. .
- يتطلب الاحتراق الكامل فترة من الوقت

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



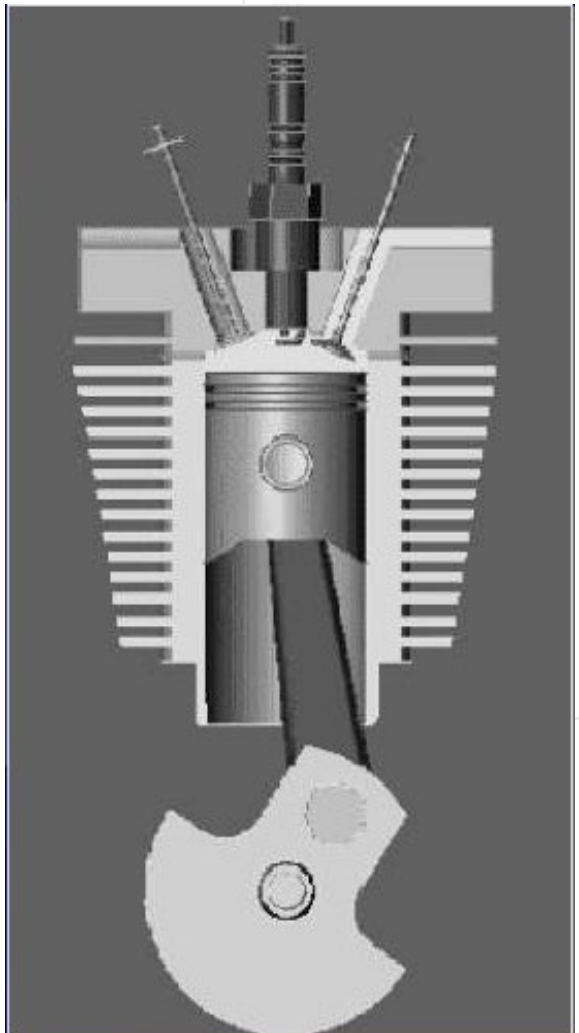
Theoretical distribution sketch

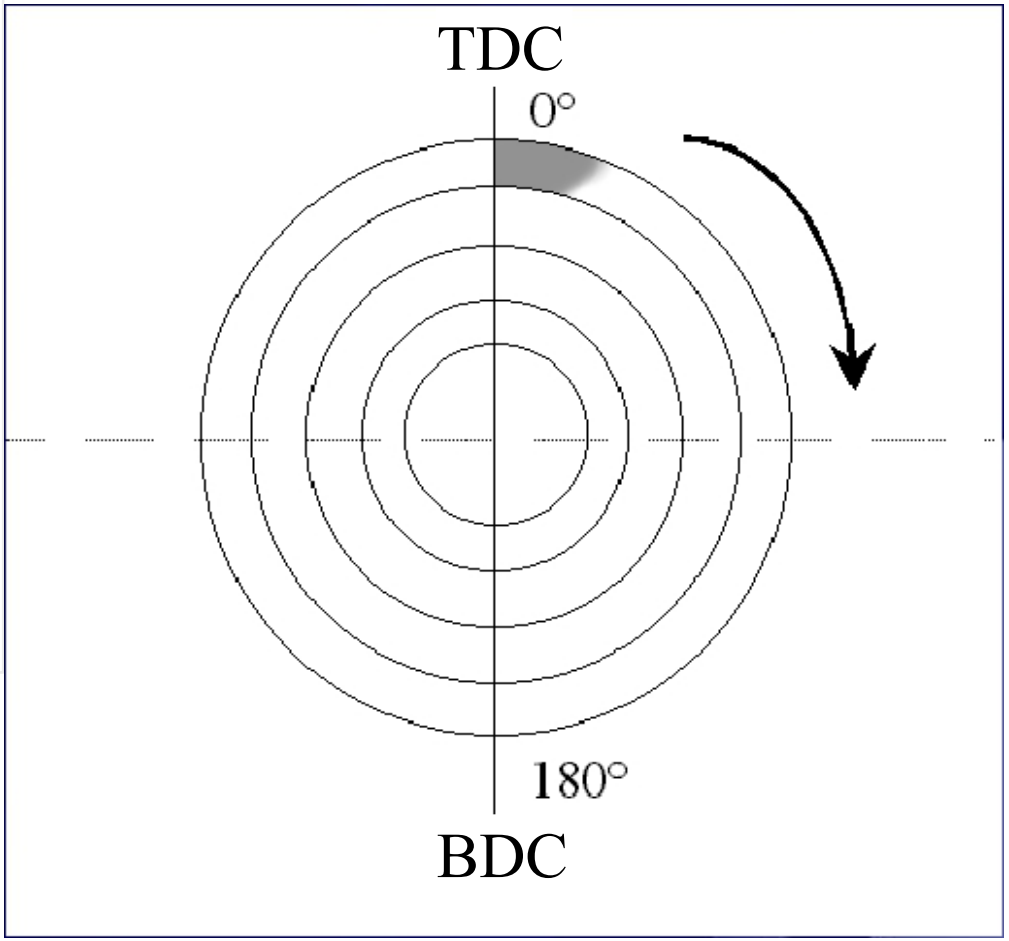


Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

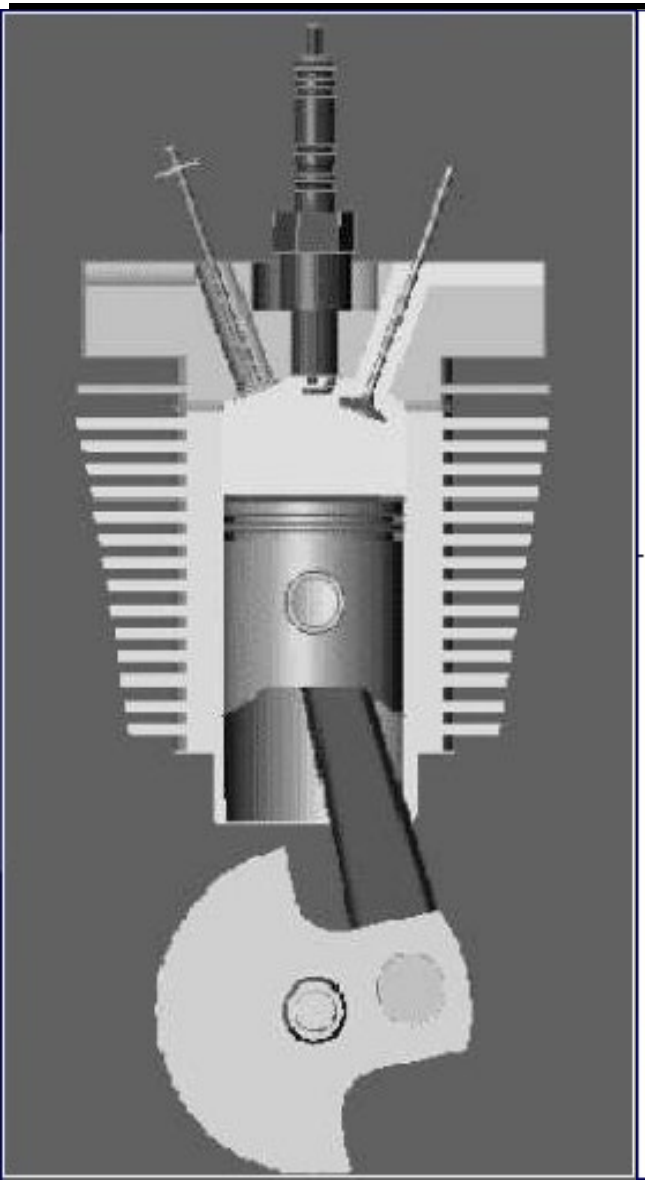
Theoretical distribution sketch

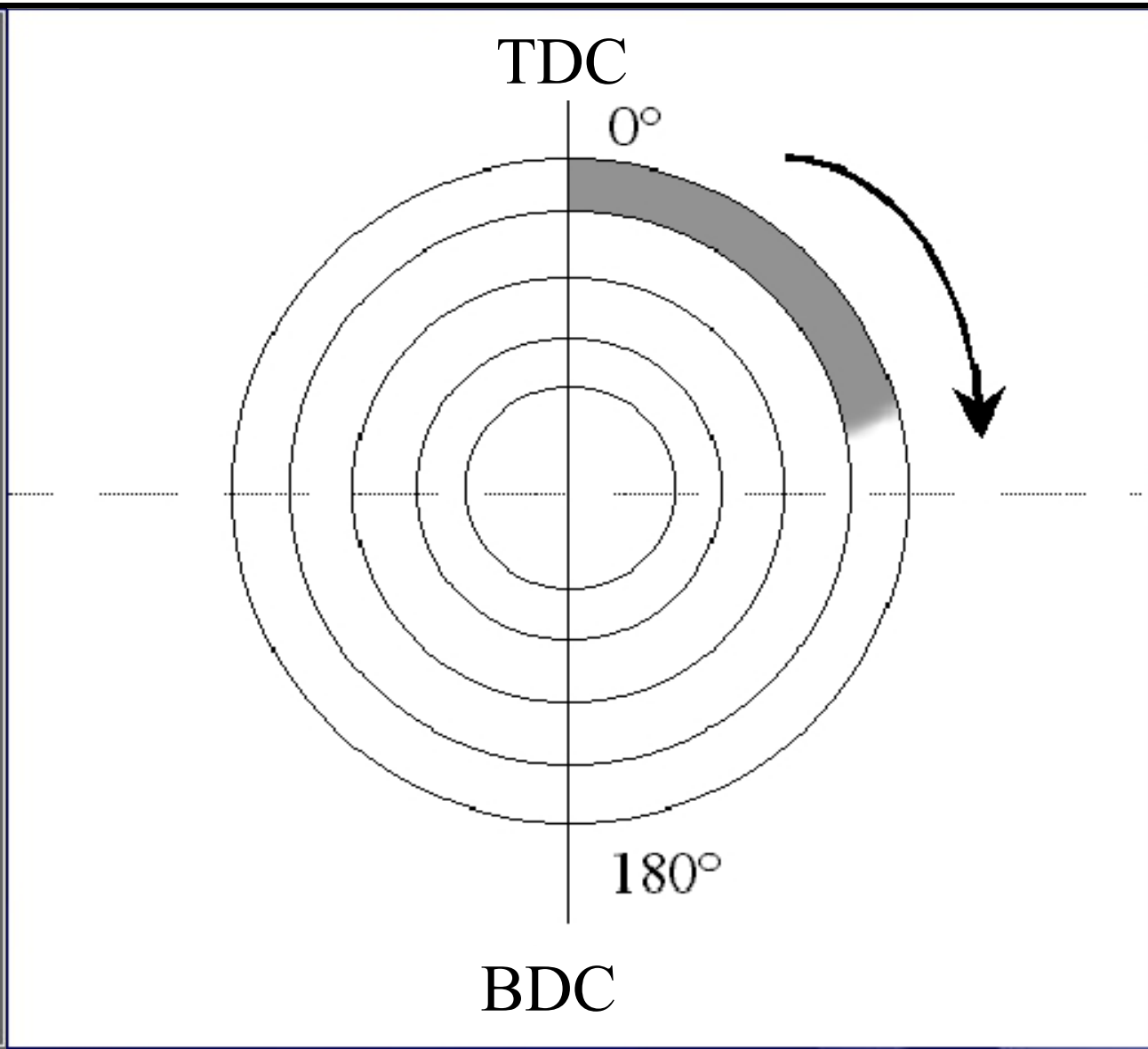
رسم تخطيطي للتوزيع النظري



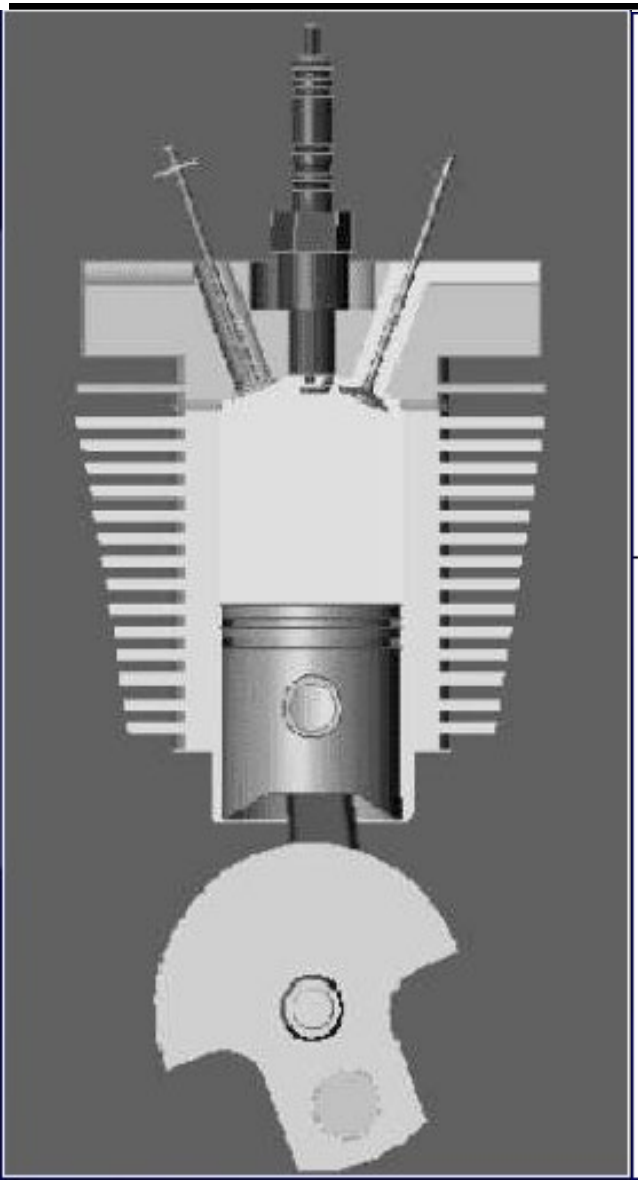


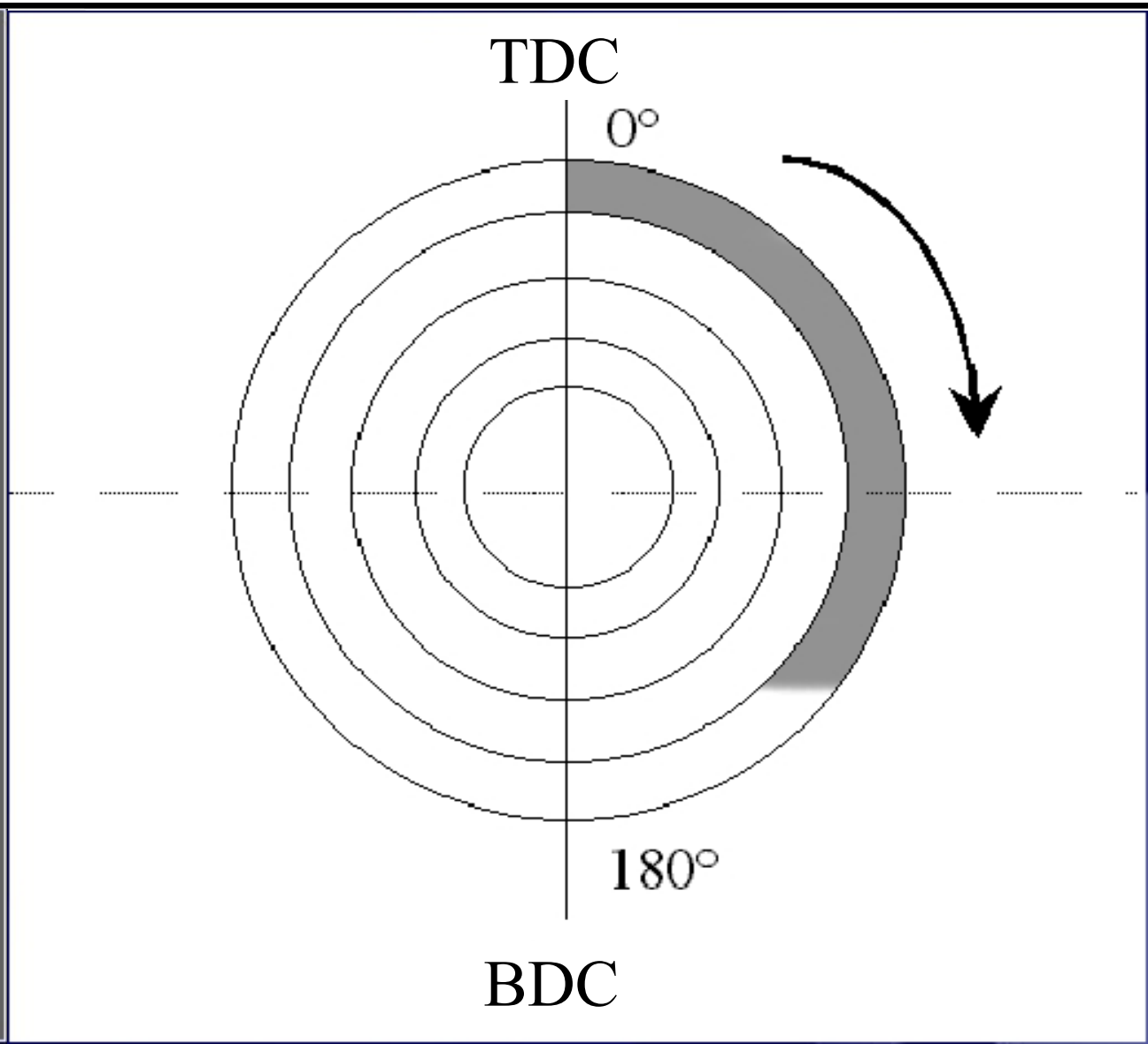
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



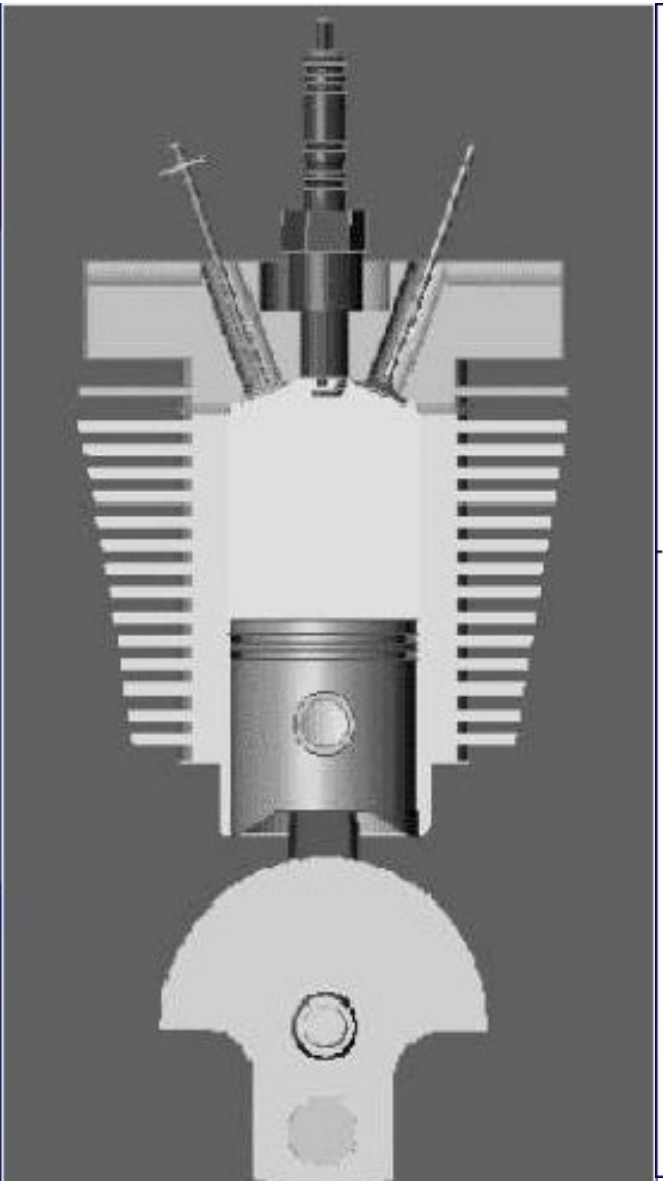


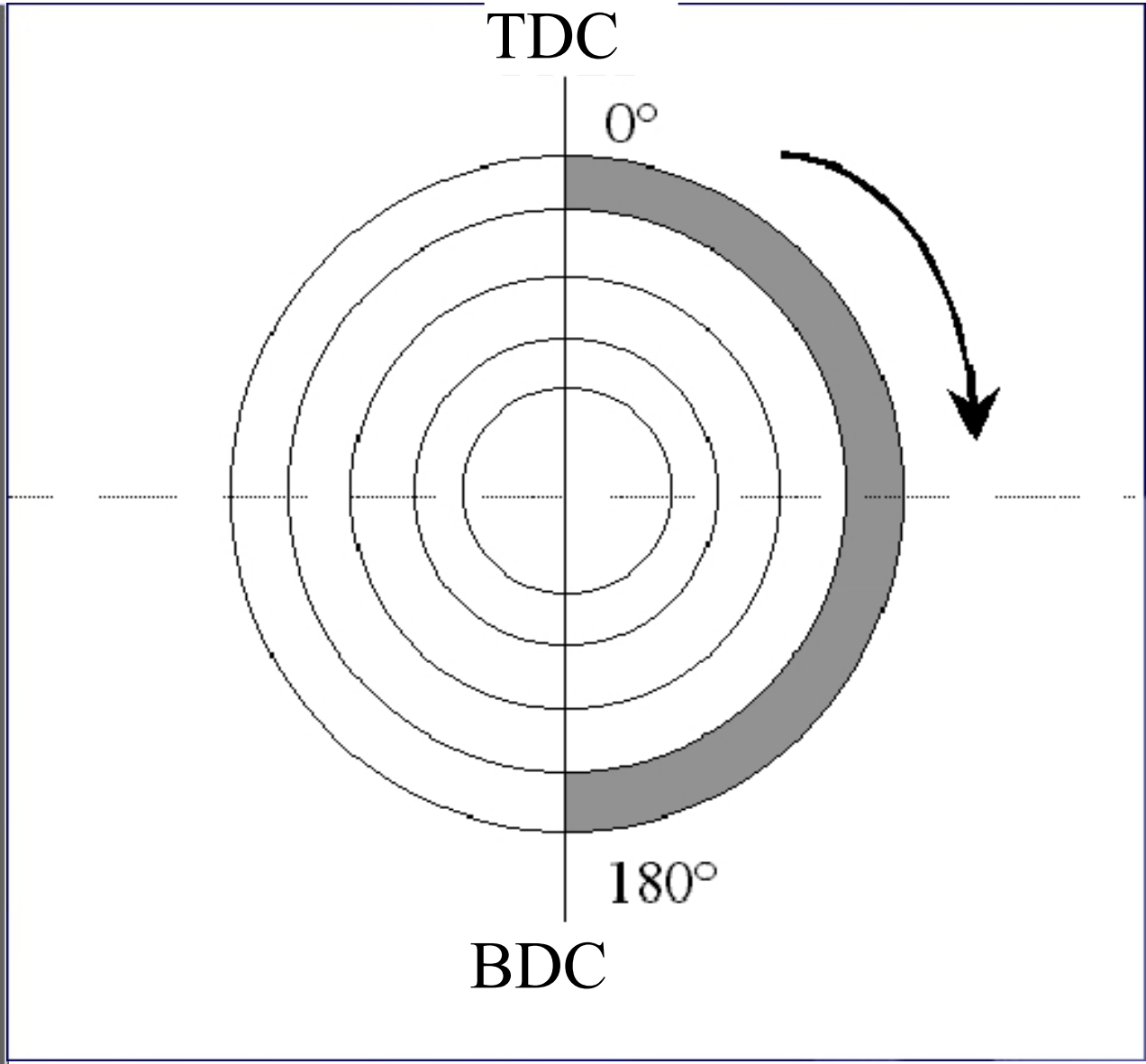
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



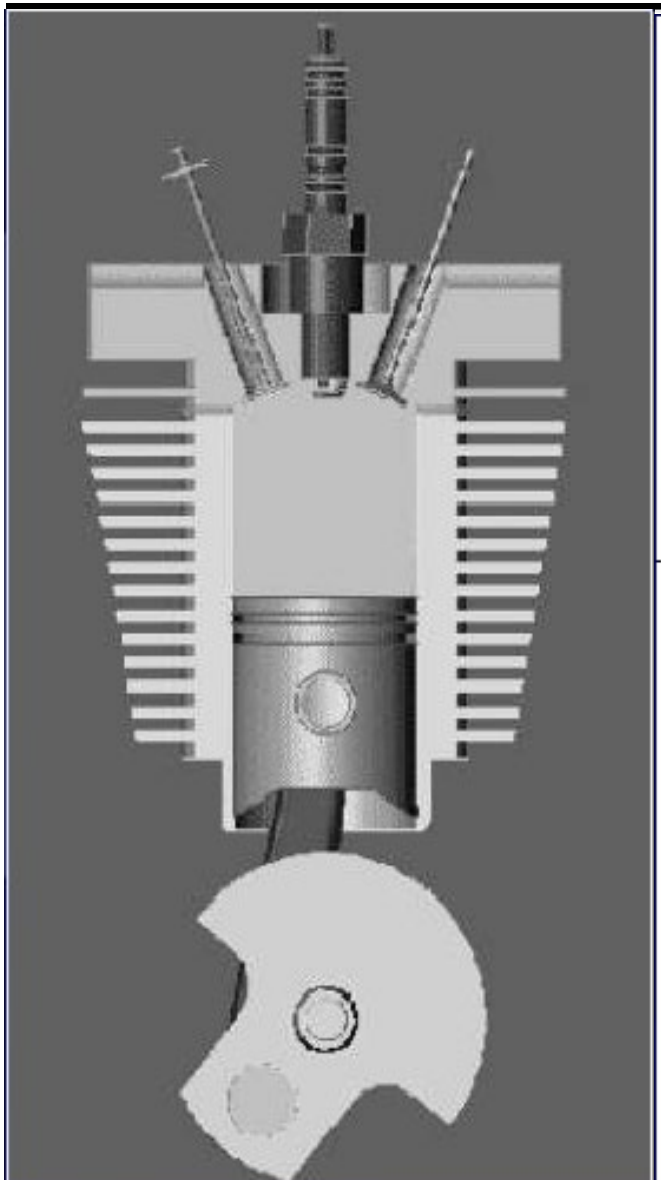


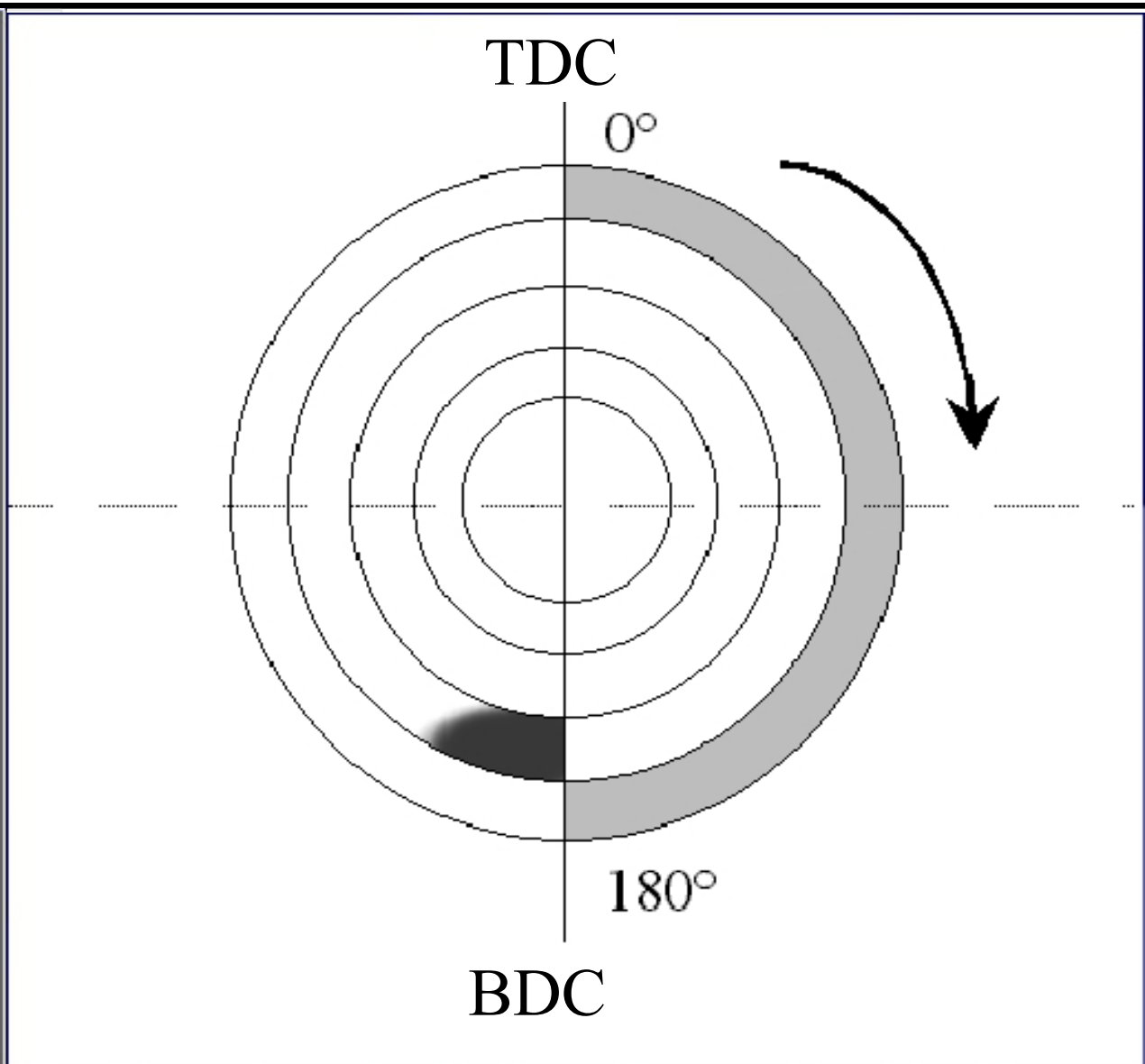
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



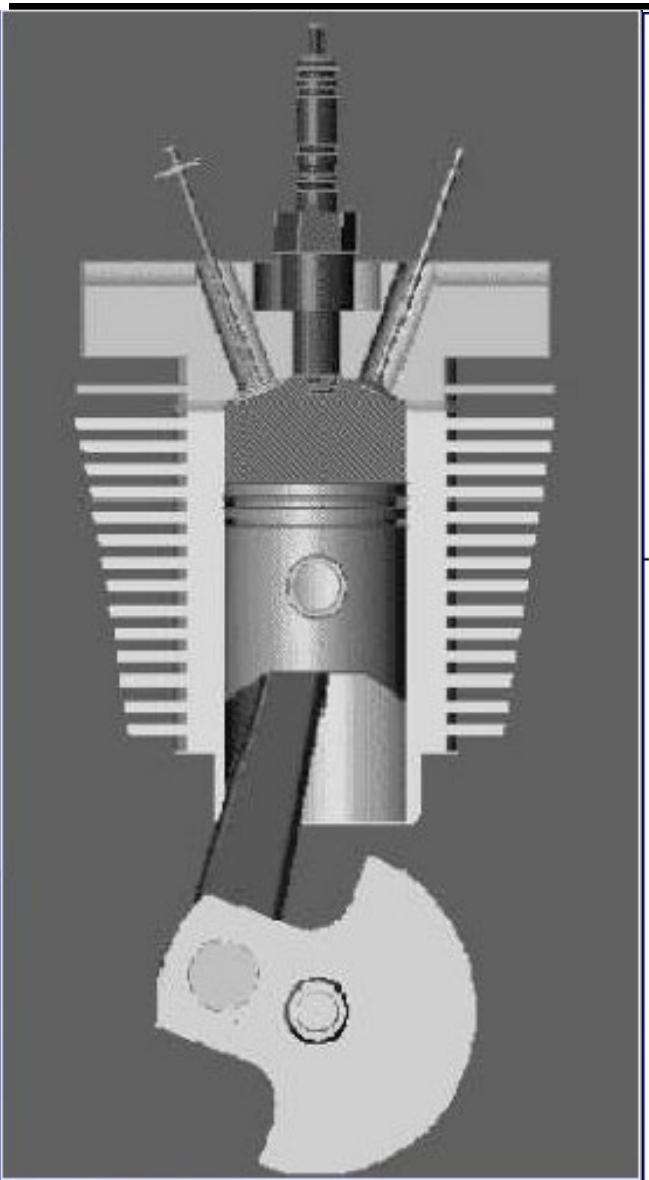


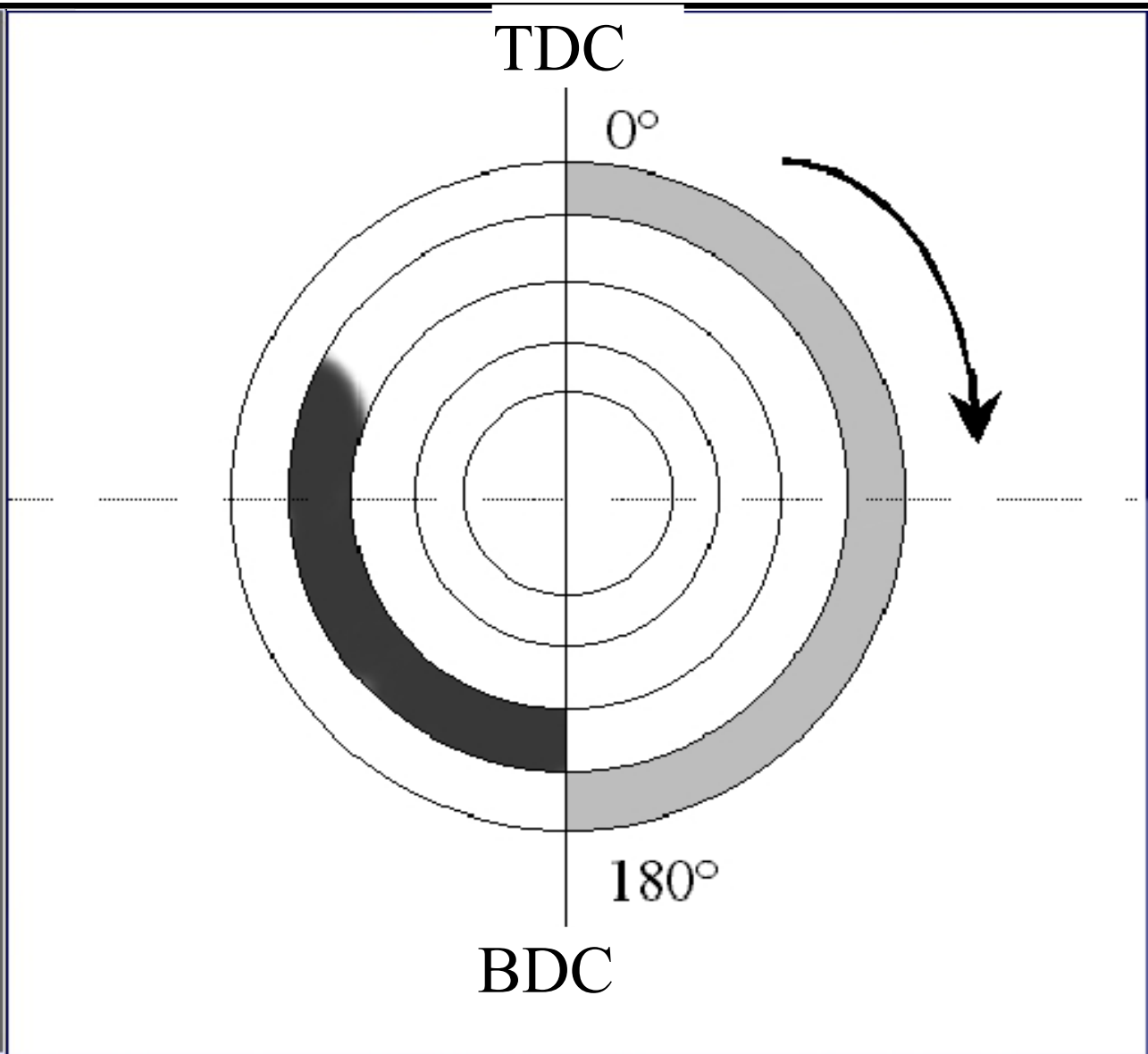
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



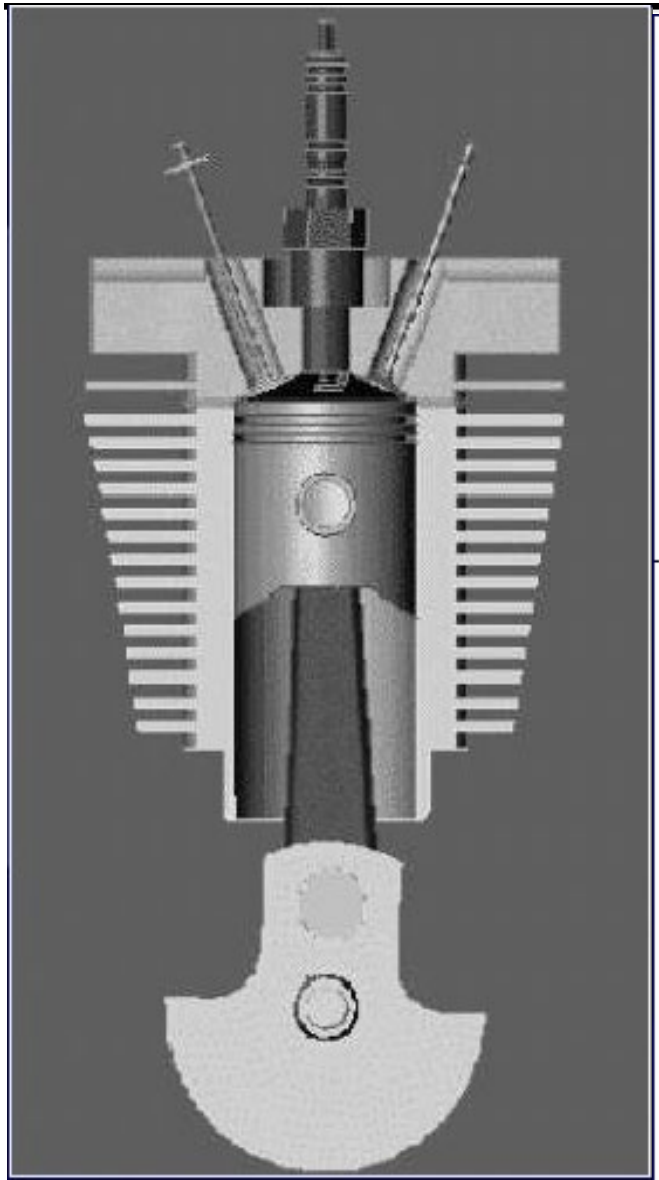


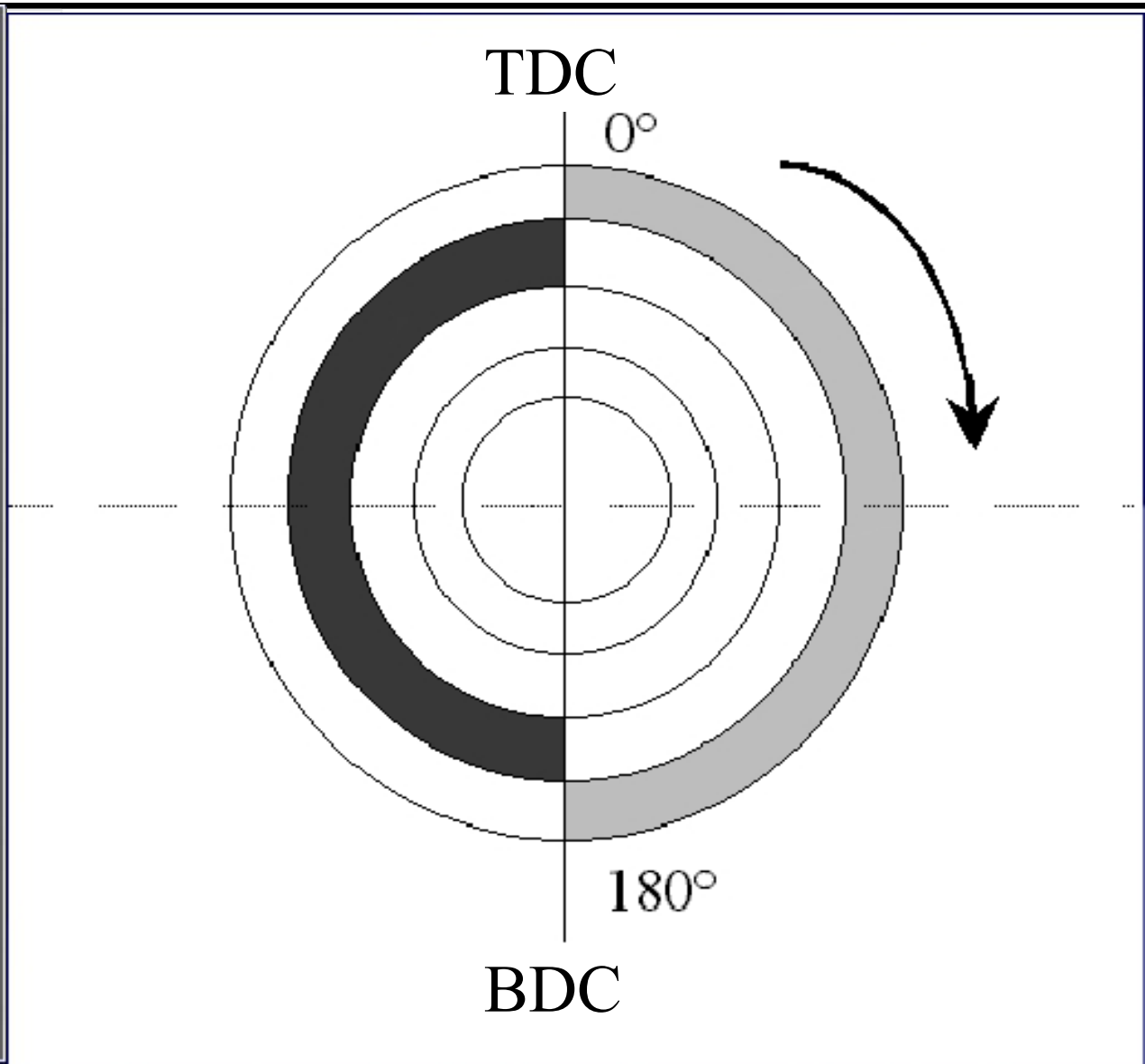
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



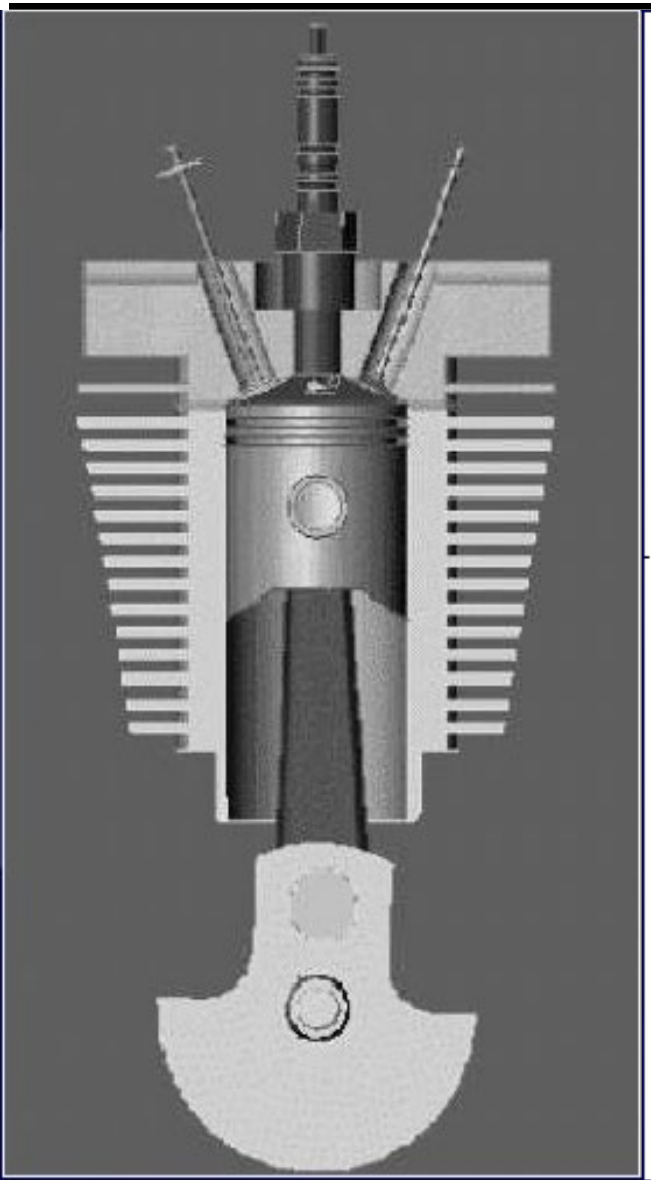


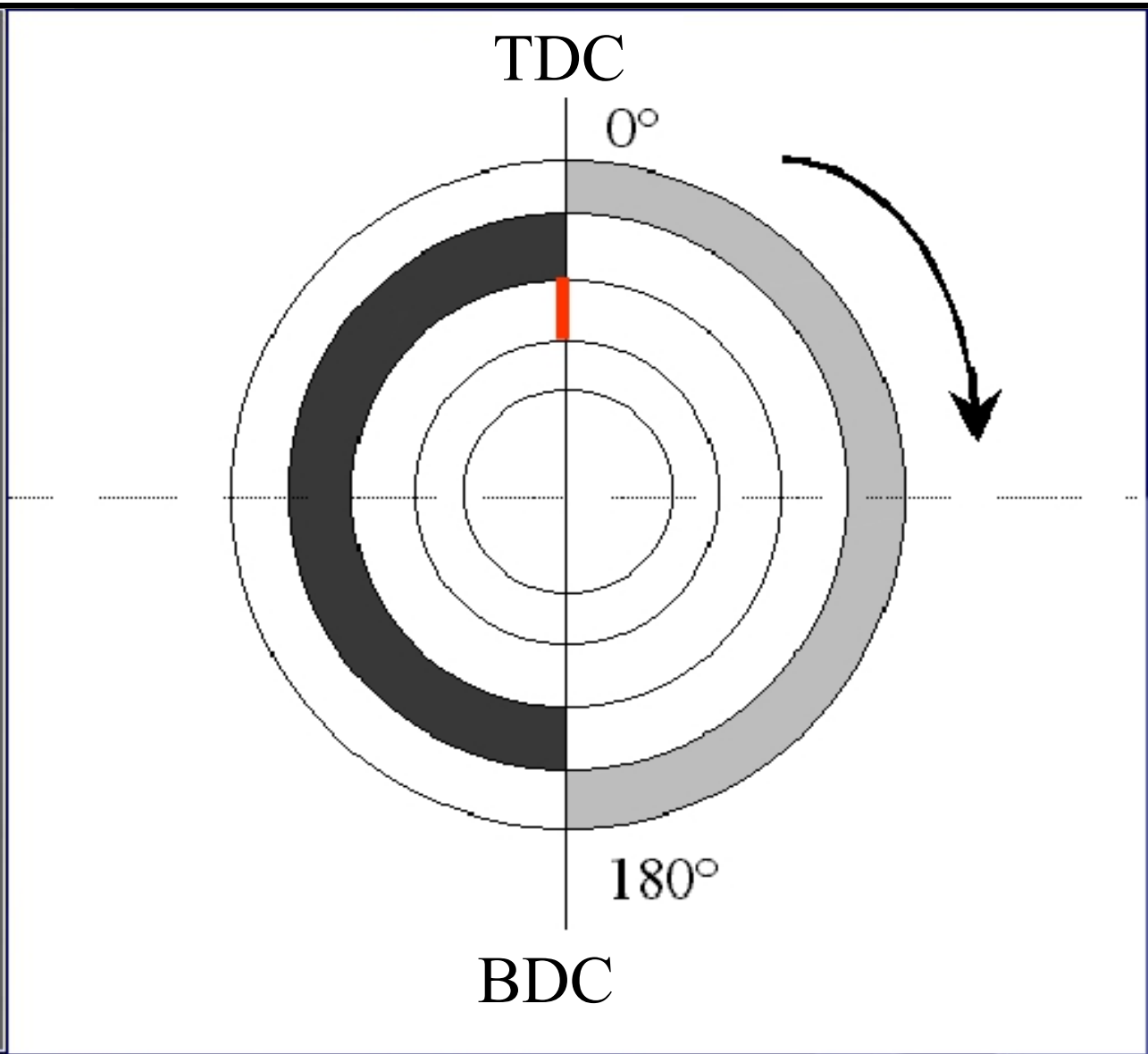
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



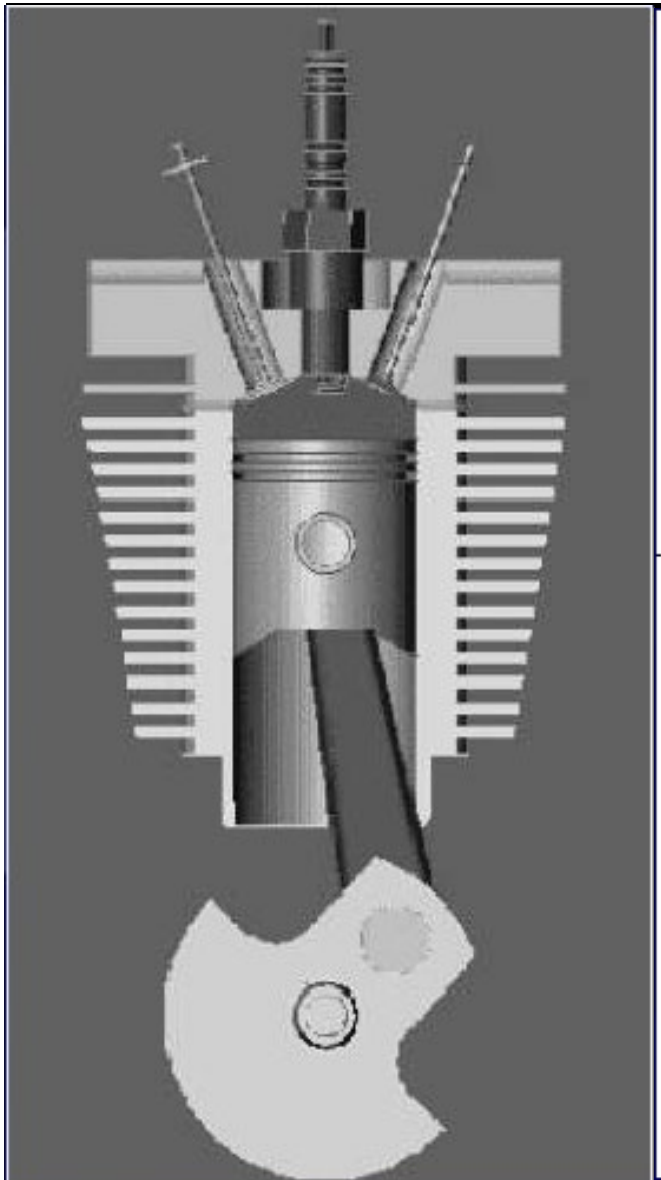


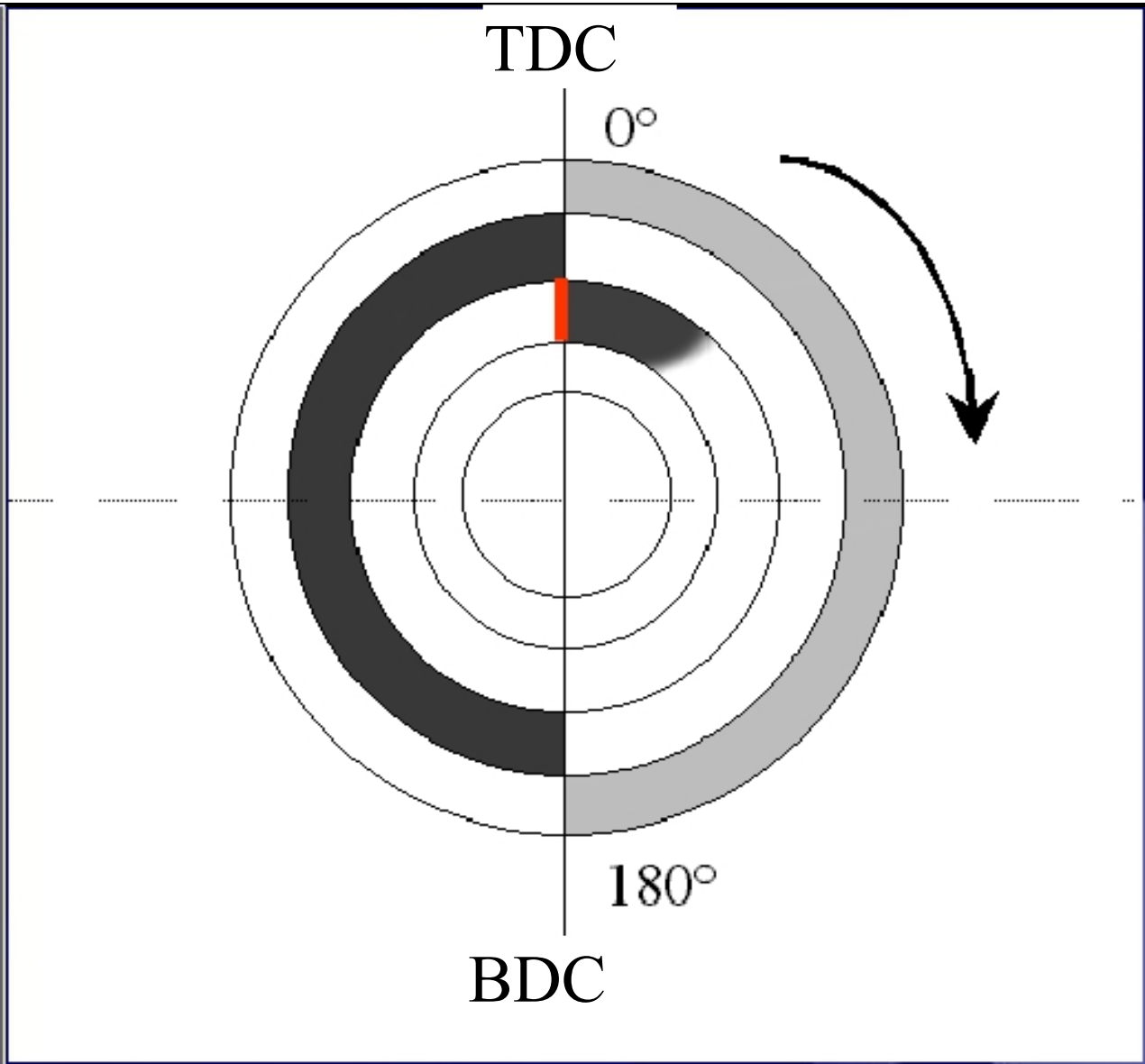
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



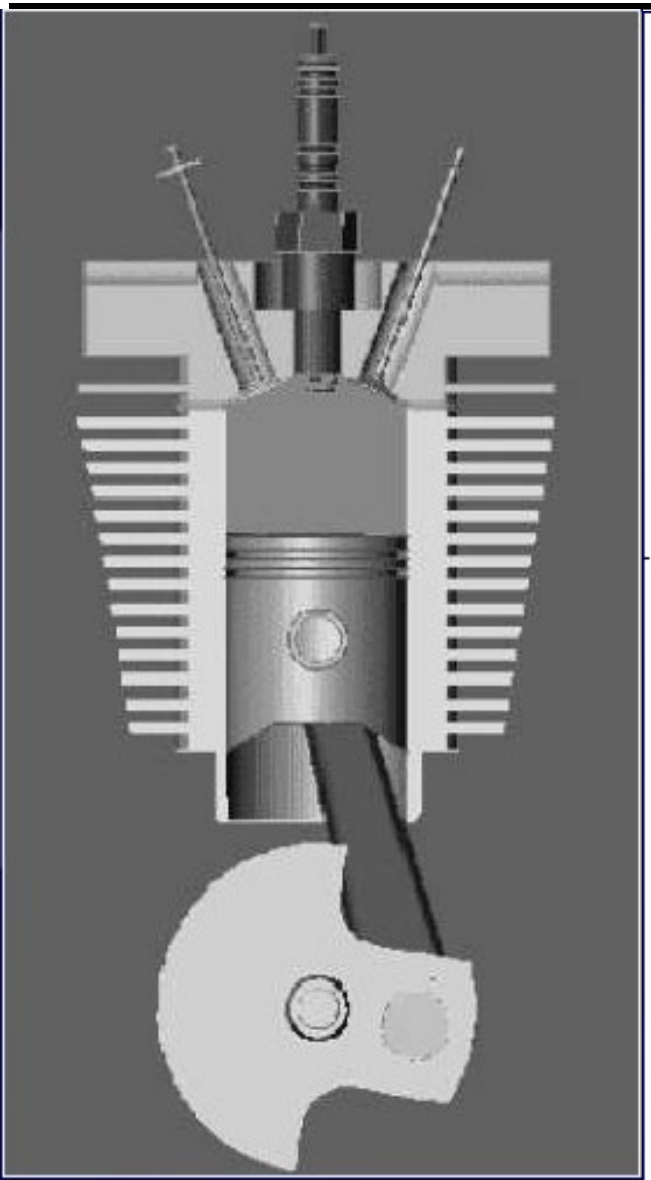


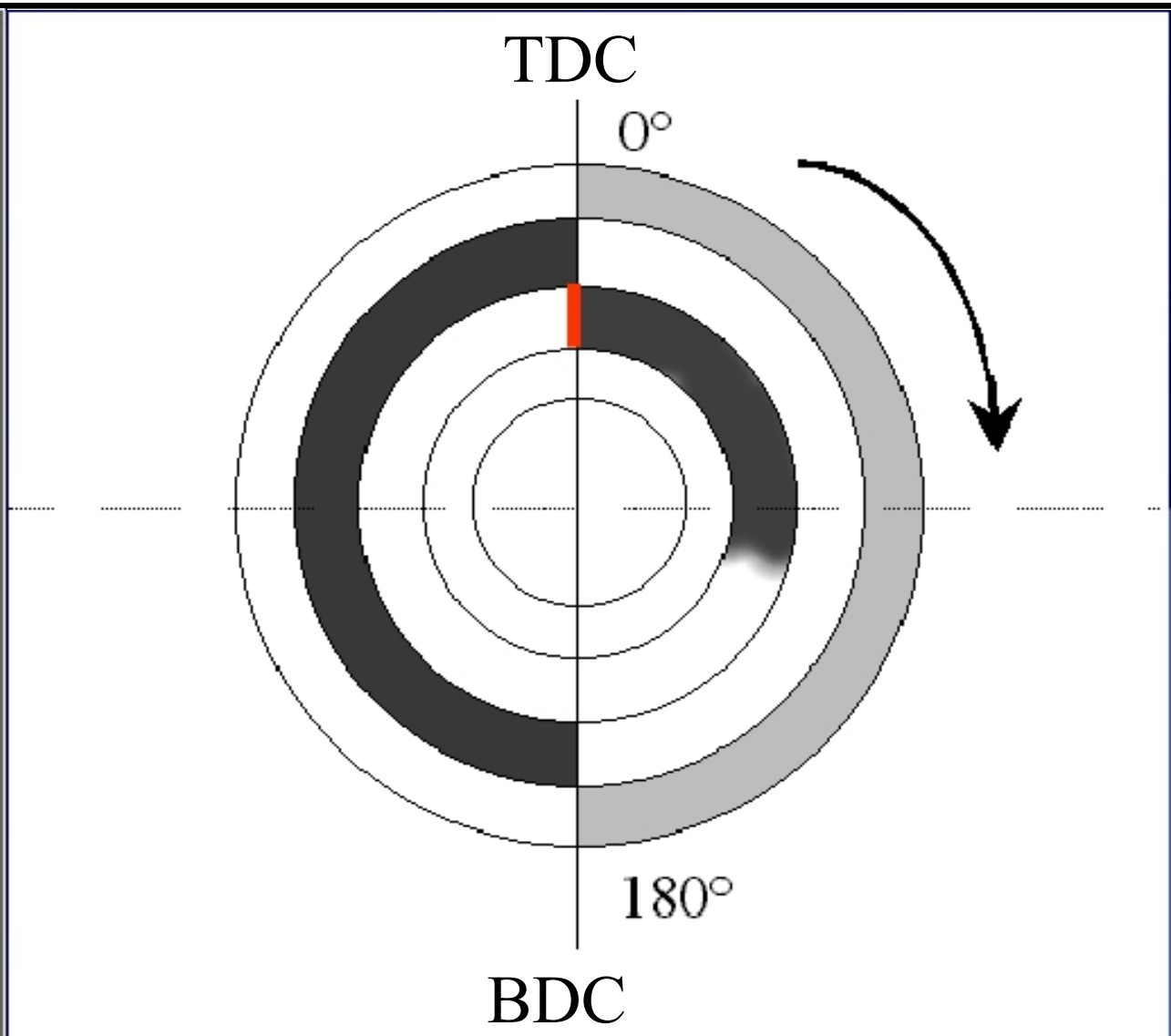
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



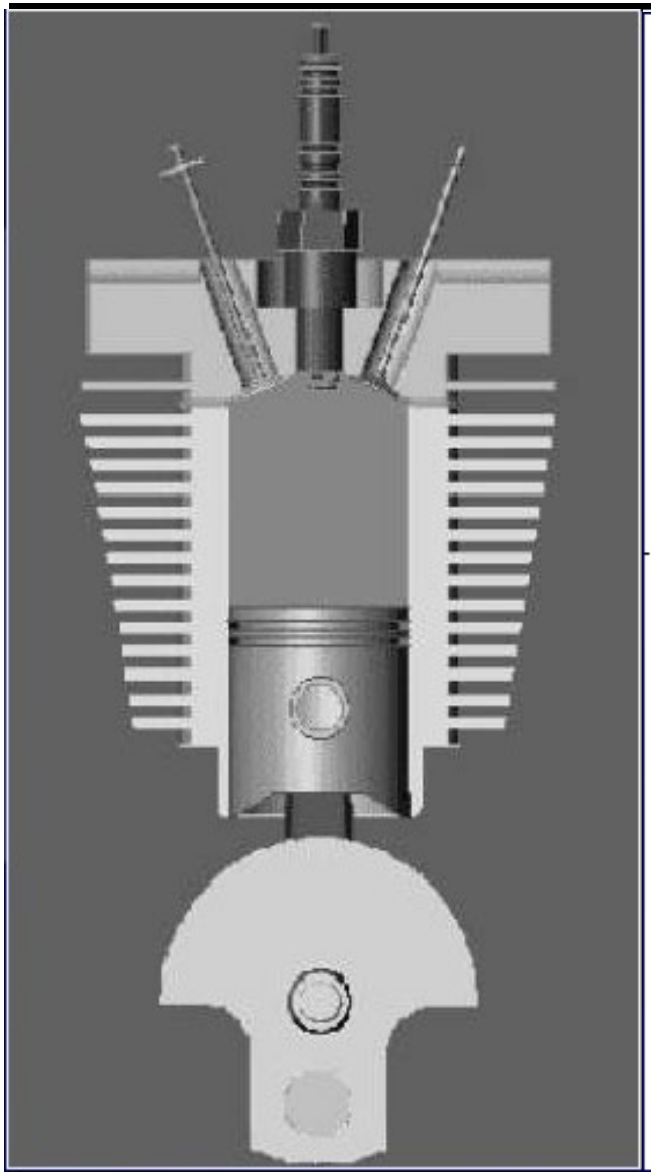


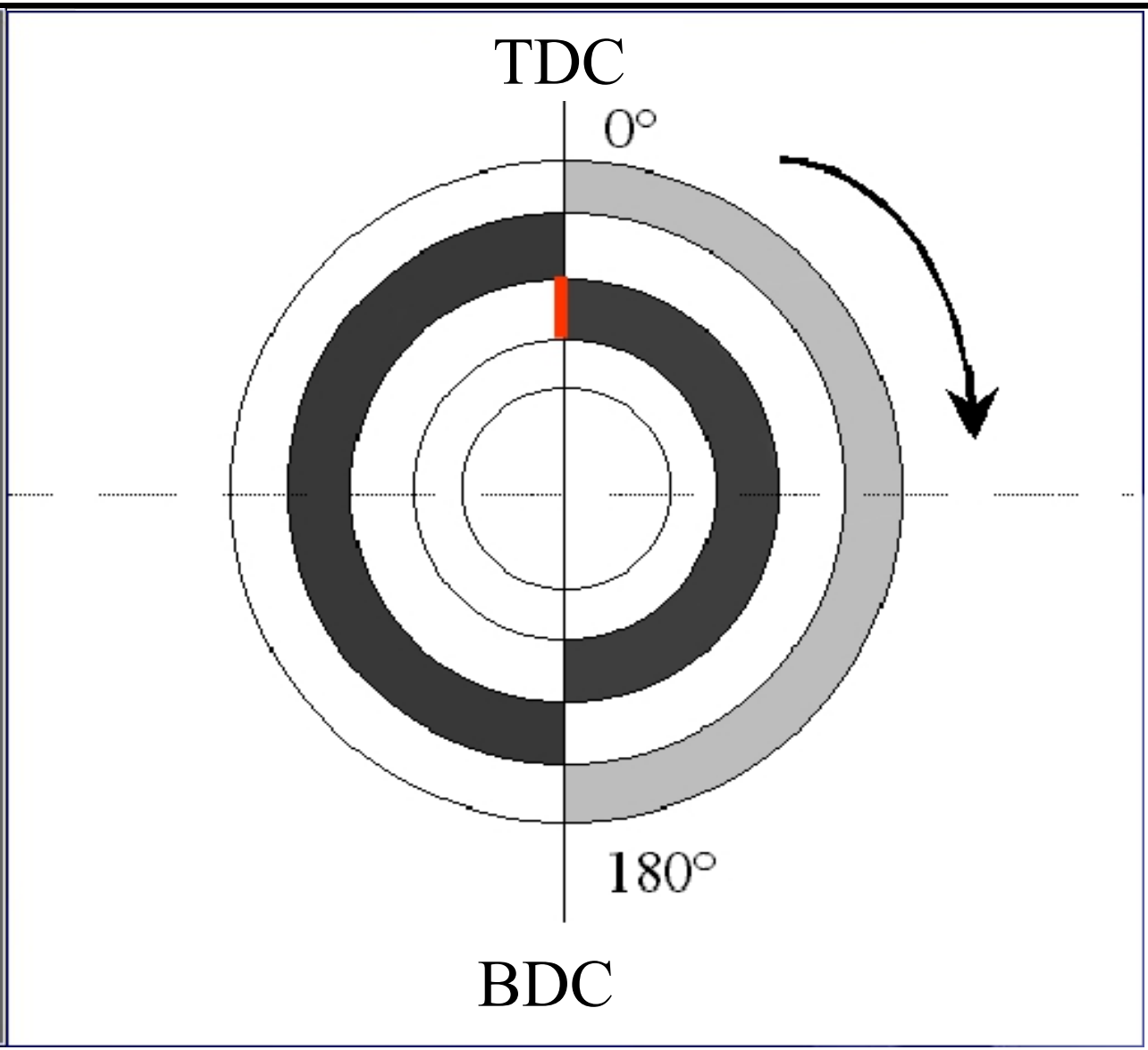
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



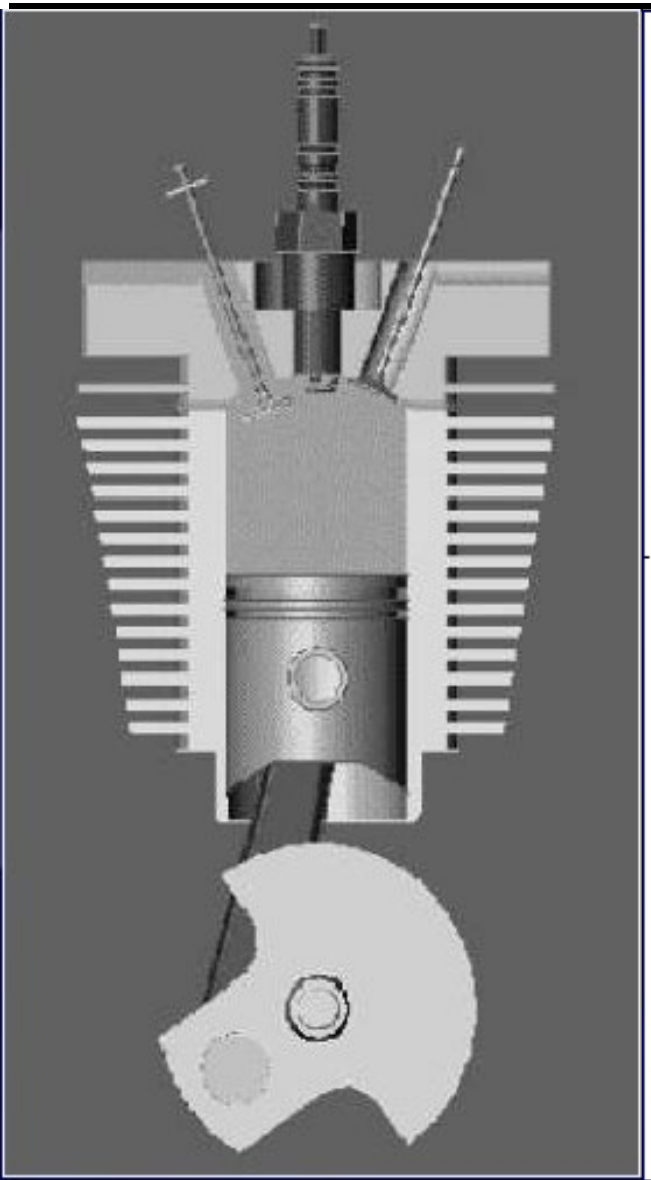


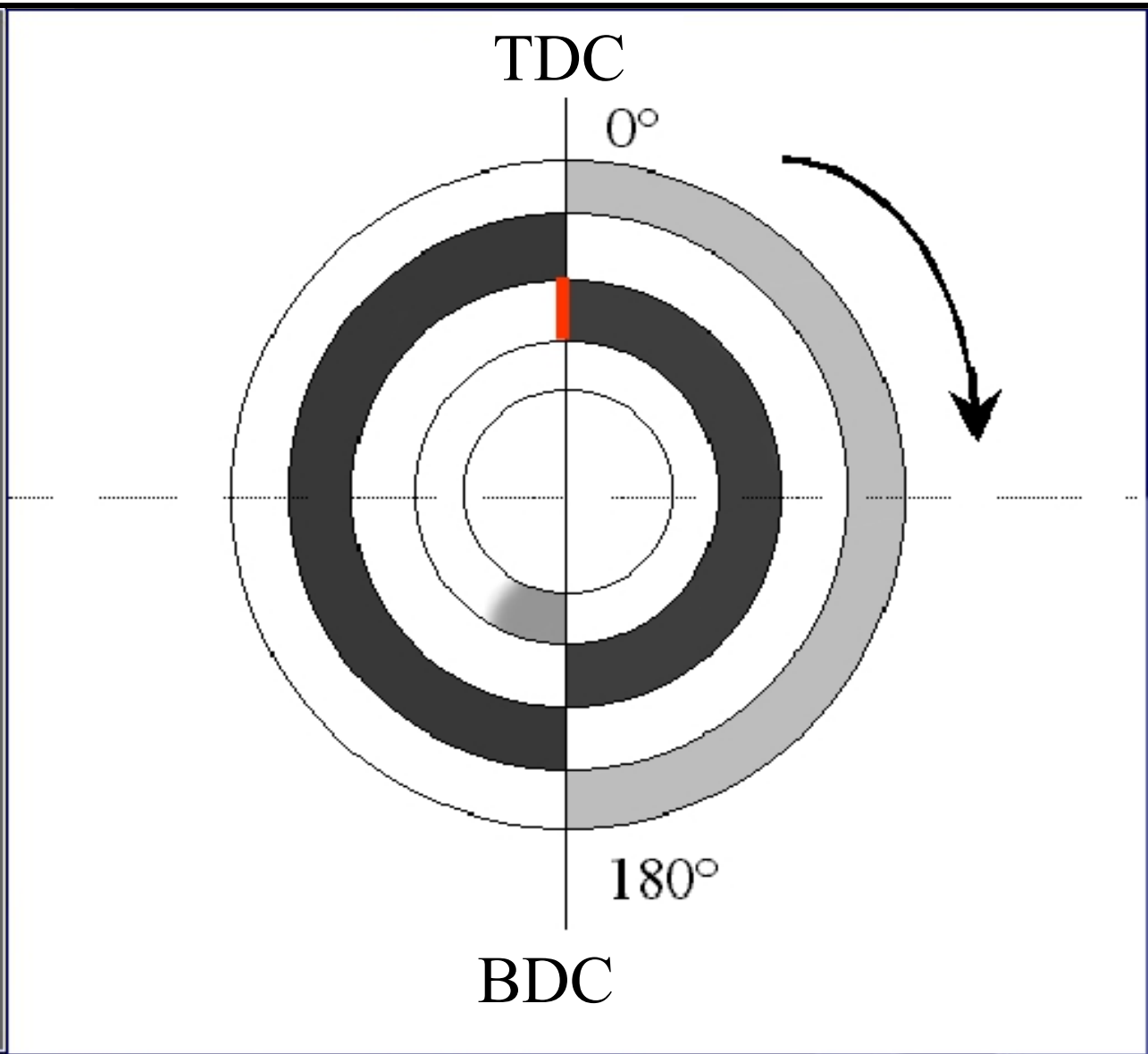
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



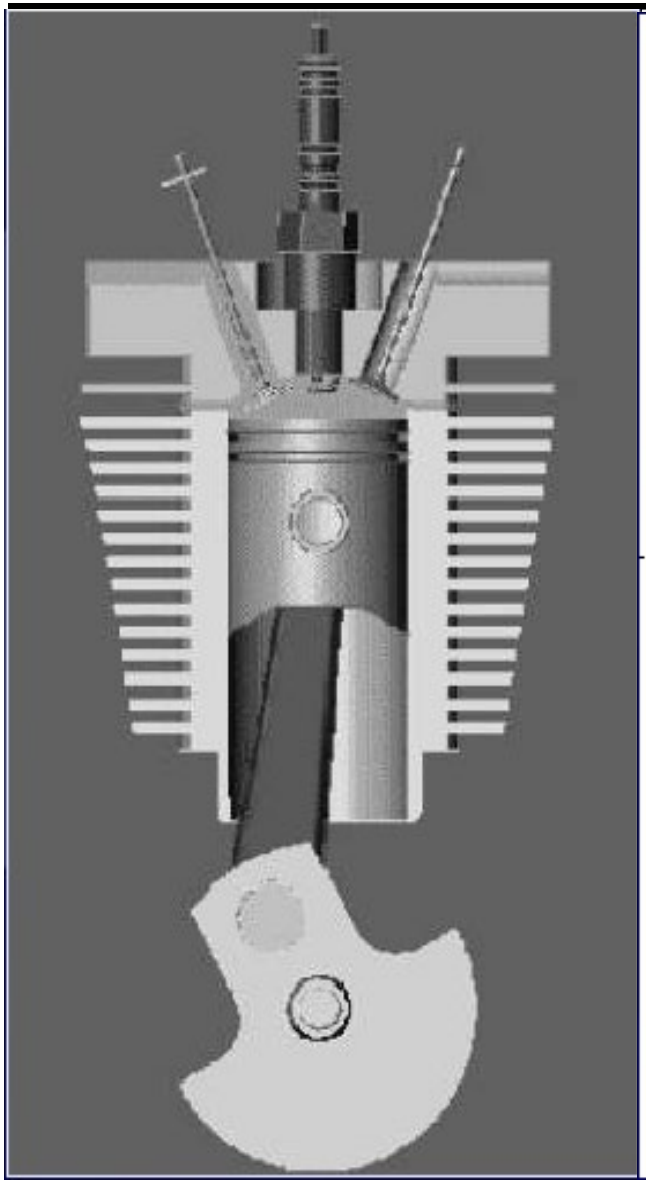


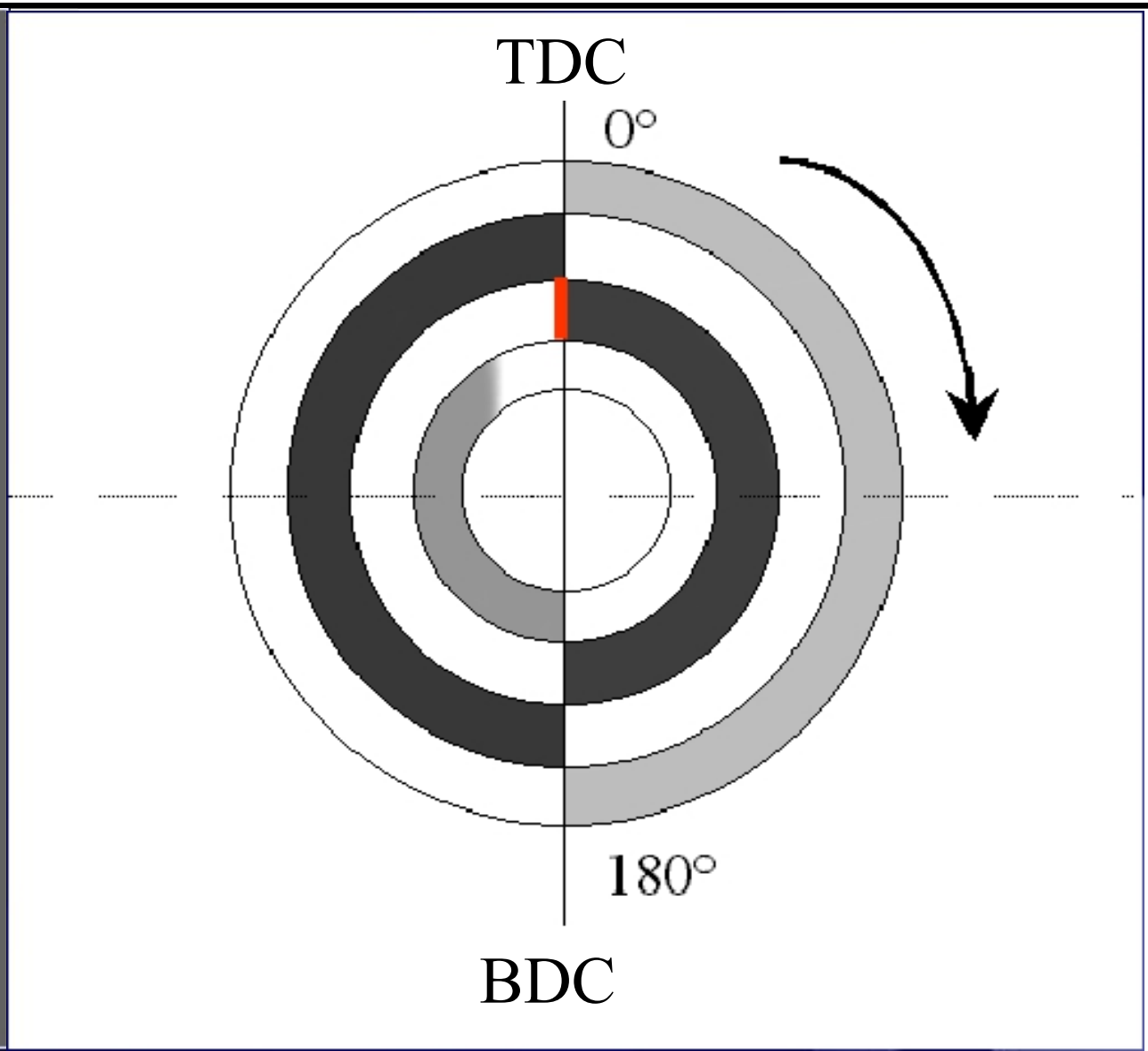
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



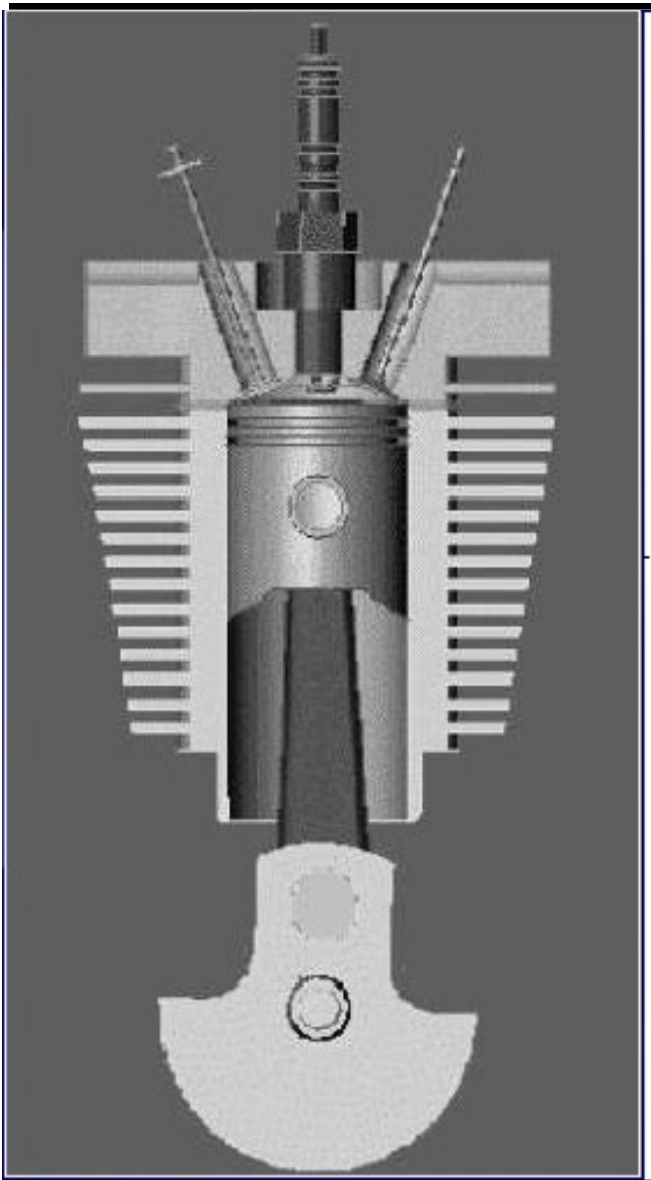


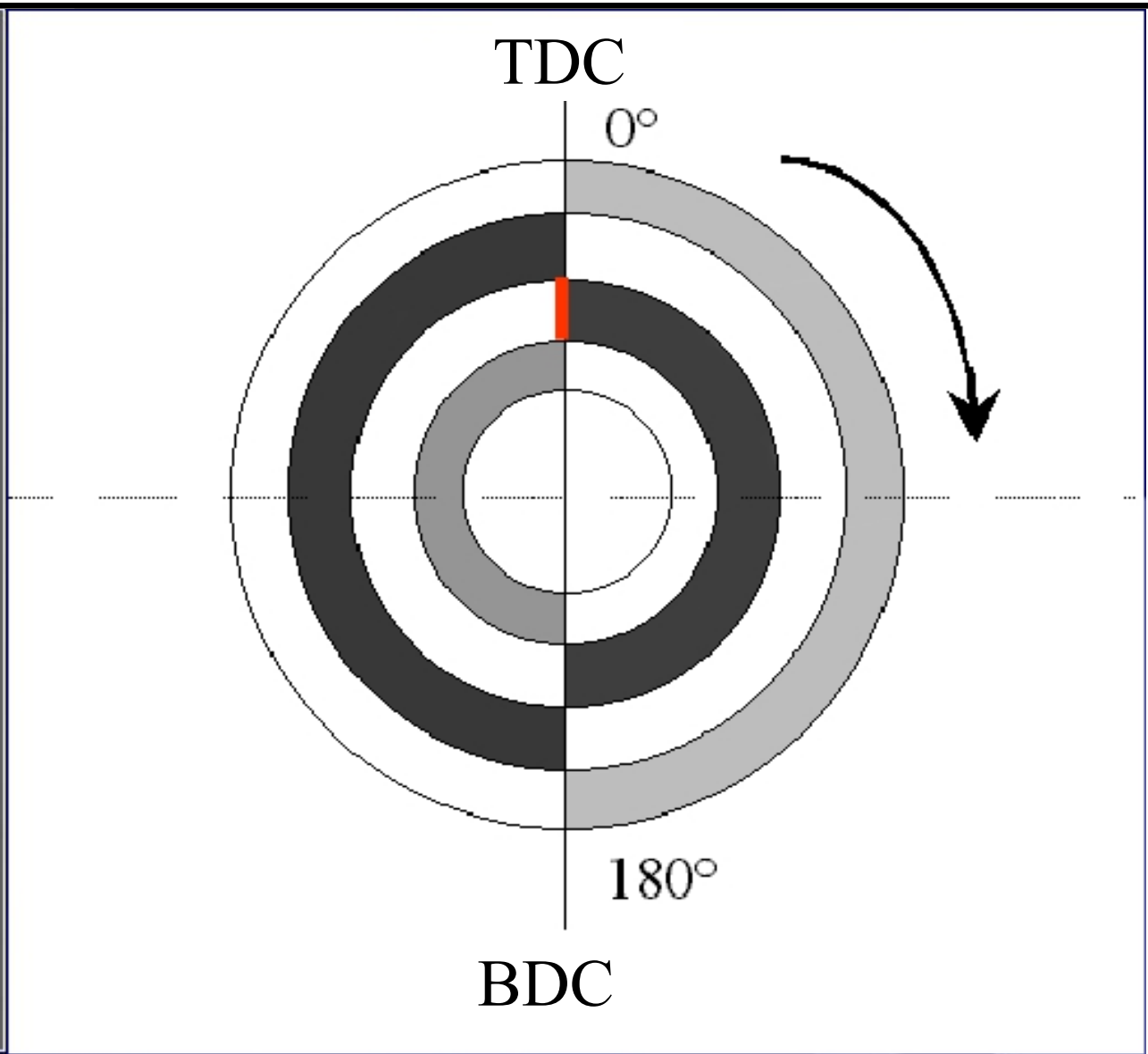
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine





Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



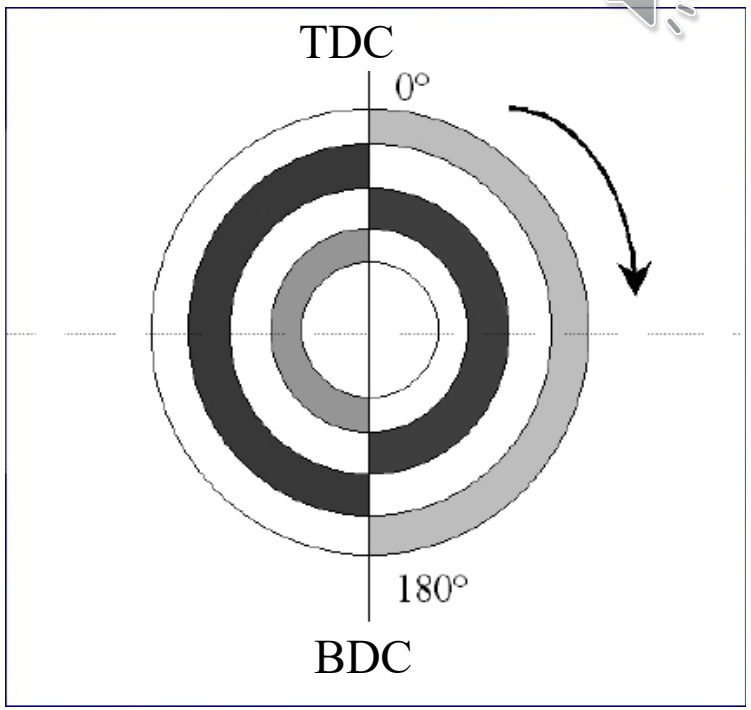


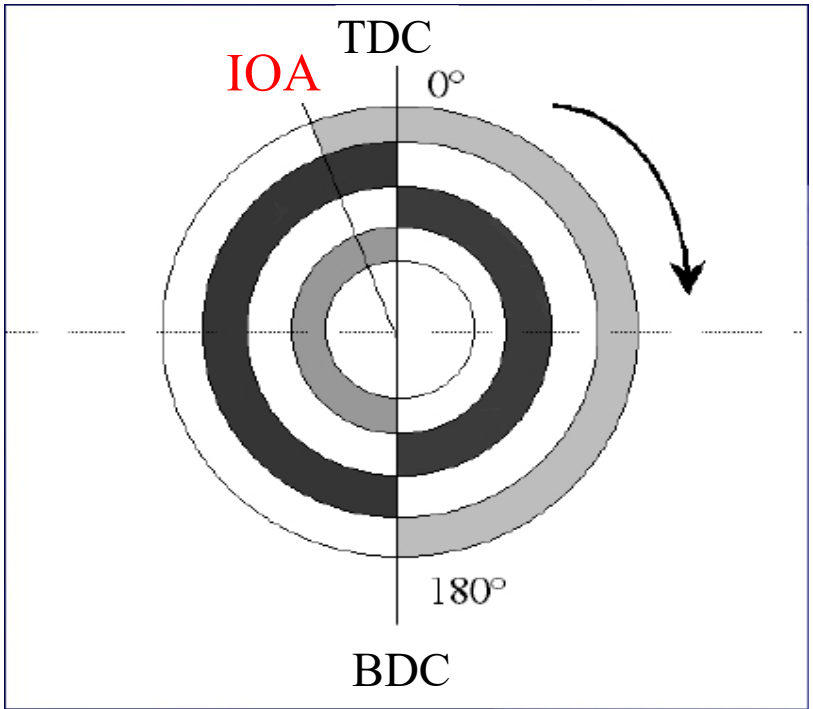
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

Changes made during admission

Intake Opening Advance IOA

The intake valve opens slightly before the piston reaches (TDC) to allow for the delay in gas flow. This early opening is called *intake opening advance (IOA).*



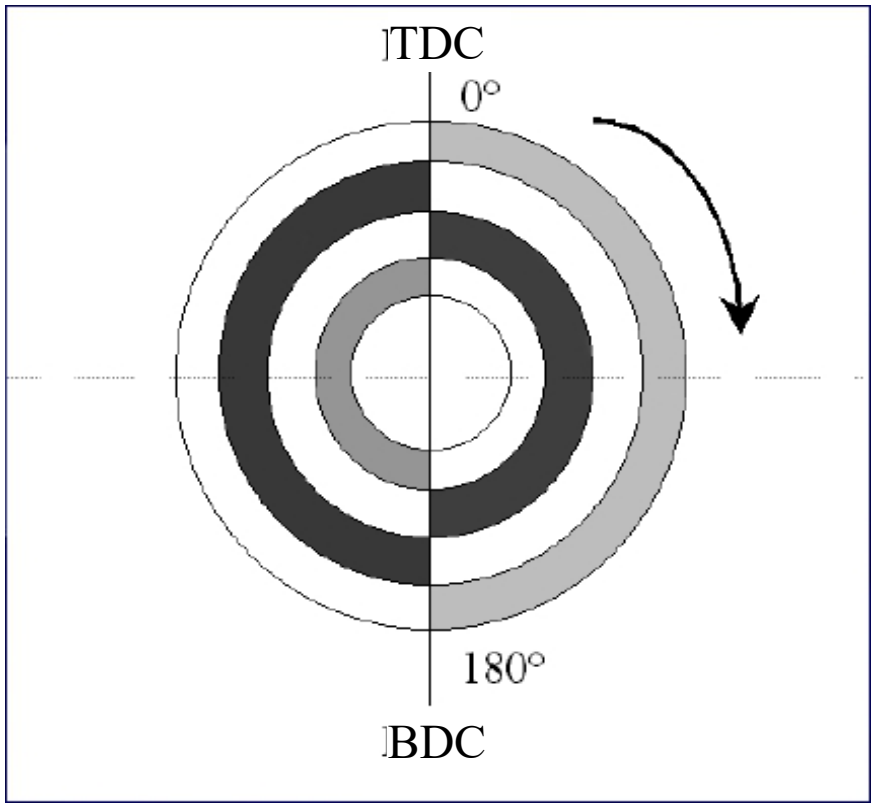


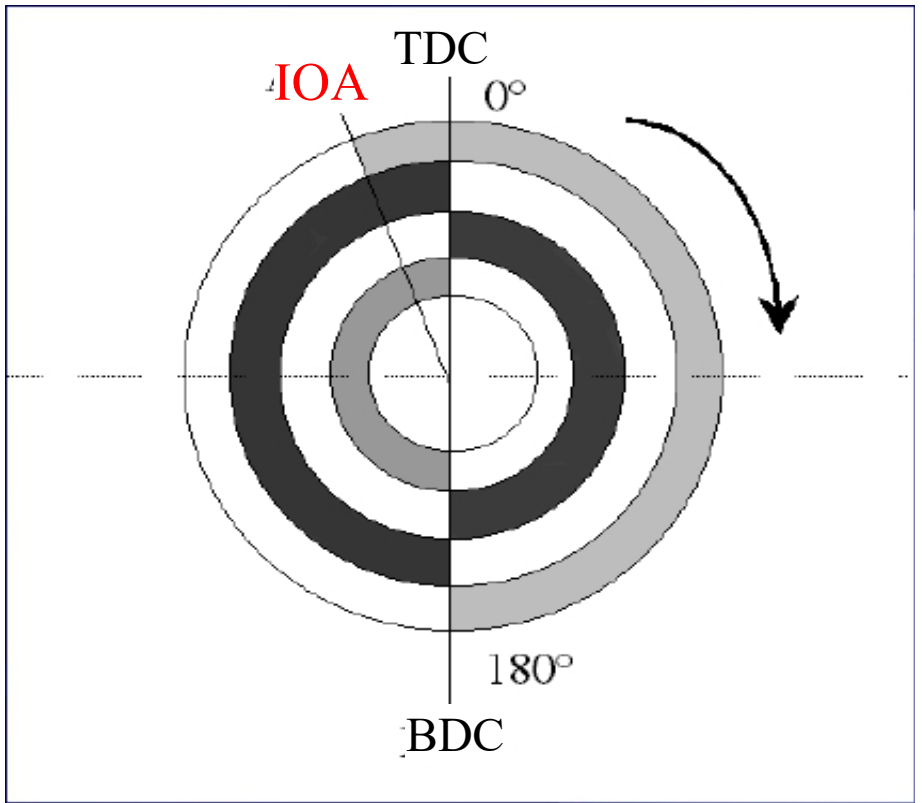
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

التغيرات التي تحدث أثناء السحب

تقديم فتح صمام السحب IOA

يفتح صمام السحب قبل وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا (TDC)بقليل لتعويض تأخر دخول الغاز. ويُسمّى هذا الفتح المبكر *تقديم فتح صمام السحب*





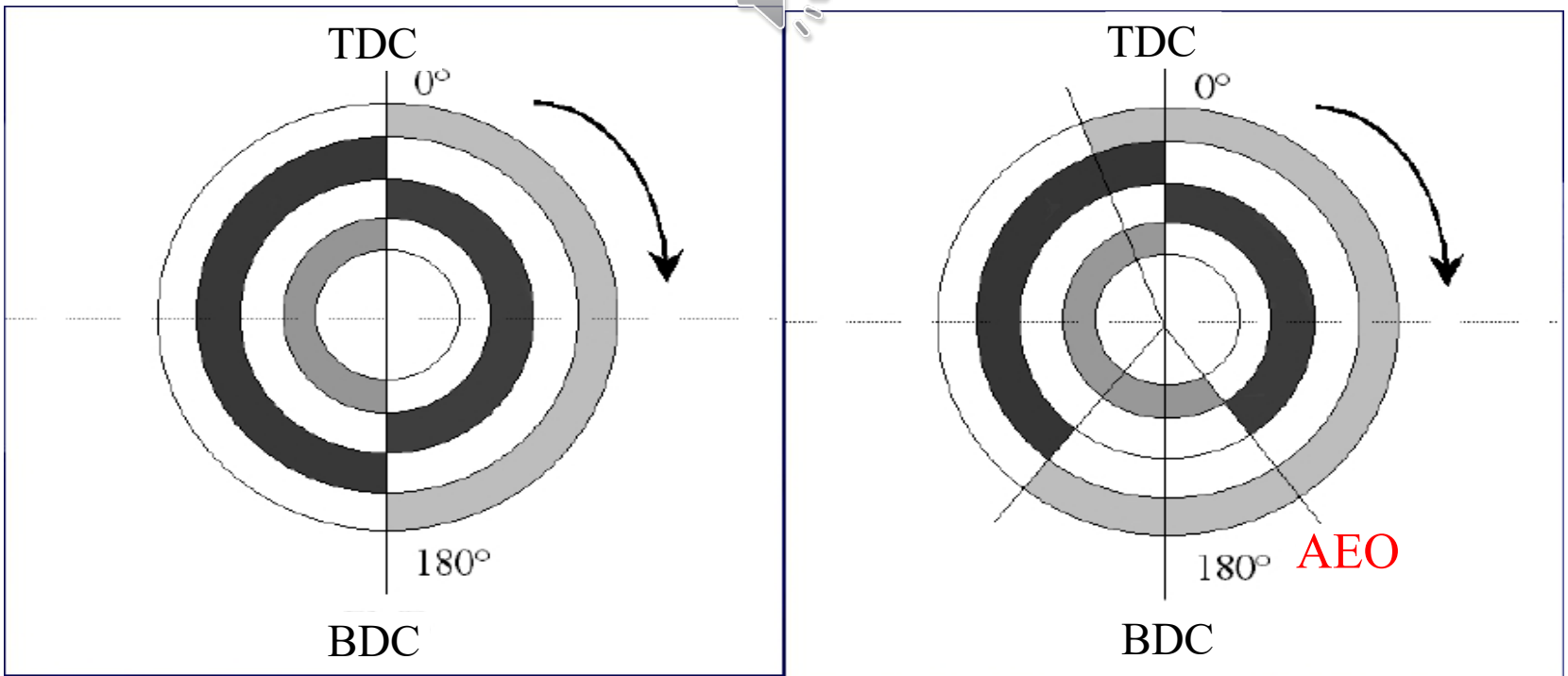
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

Changes made during exhaust

Advance Exhaust Opening

AEO

The exhaust valve opens slightly before (BDC) to ensure effective exhaust flow. This is called *exhaust opening advance (AEO).*



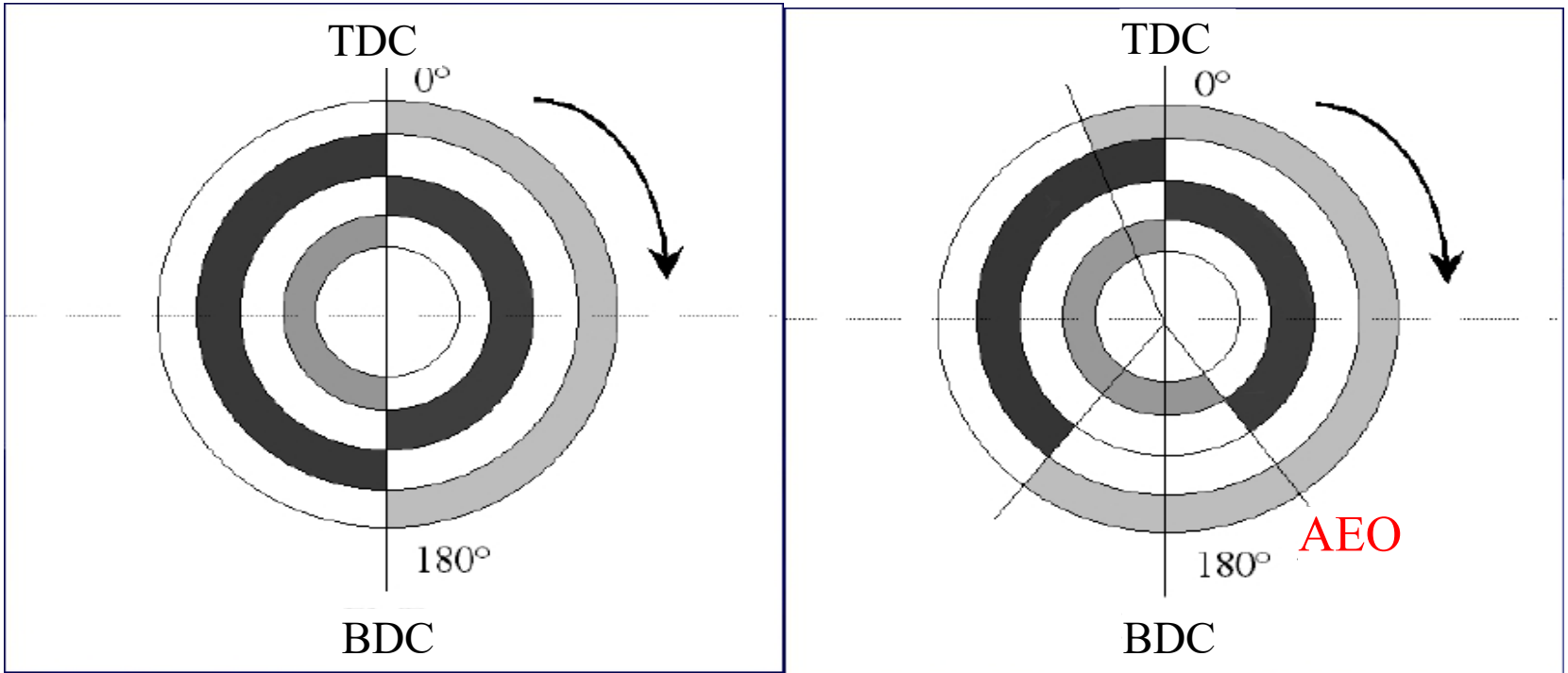
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

التغيرات التي تحدث أثناء العادم

AEO

تقديم فتح صمام العادم

يفتح صمام العادم قبل الوصول إلى النقطة الميتة السفلى بقليل لضمان تدفق فعّال لغازات العادم. ويُسمّى هذا *تقديم فتح صمام العادم.(AEO)*



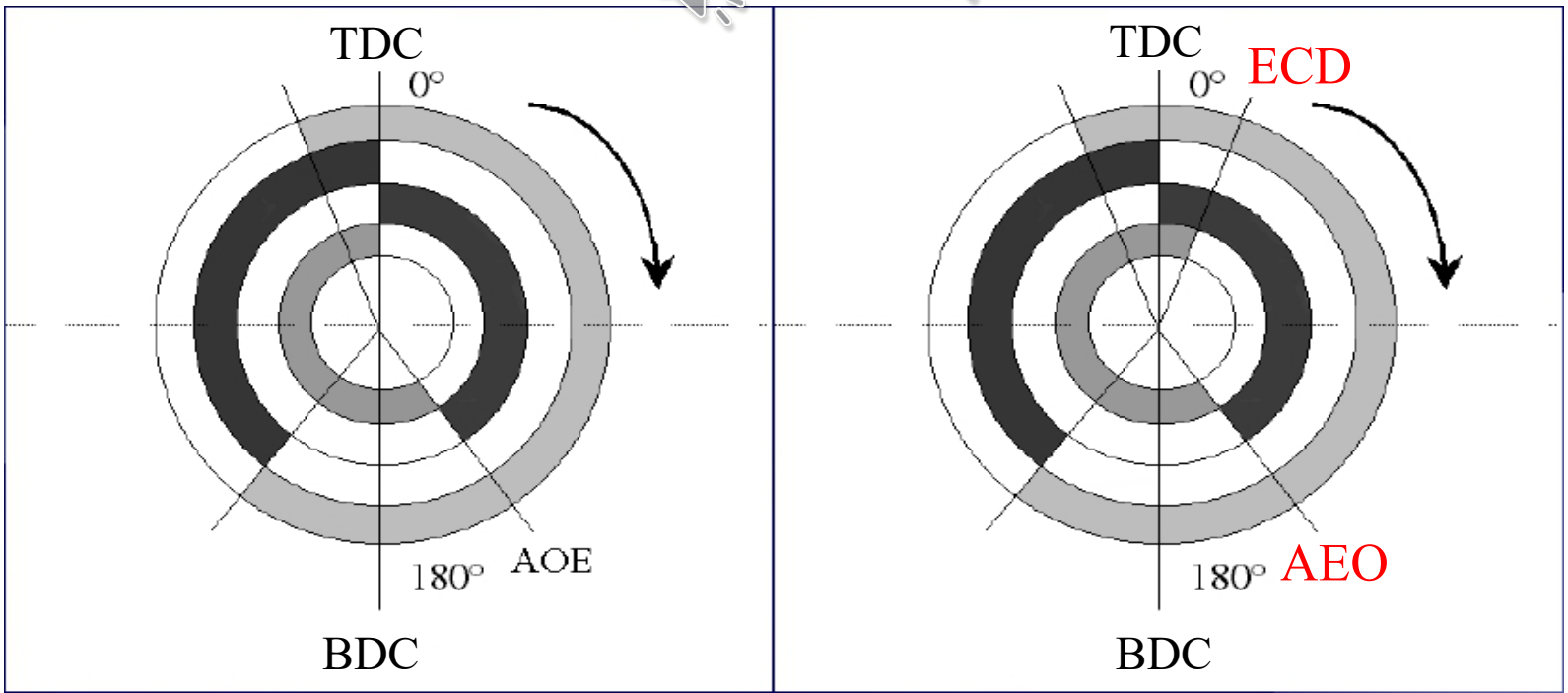
Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

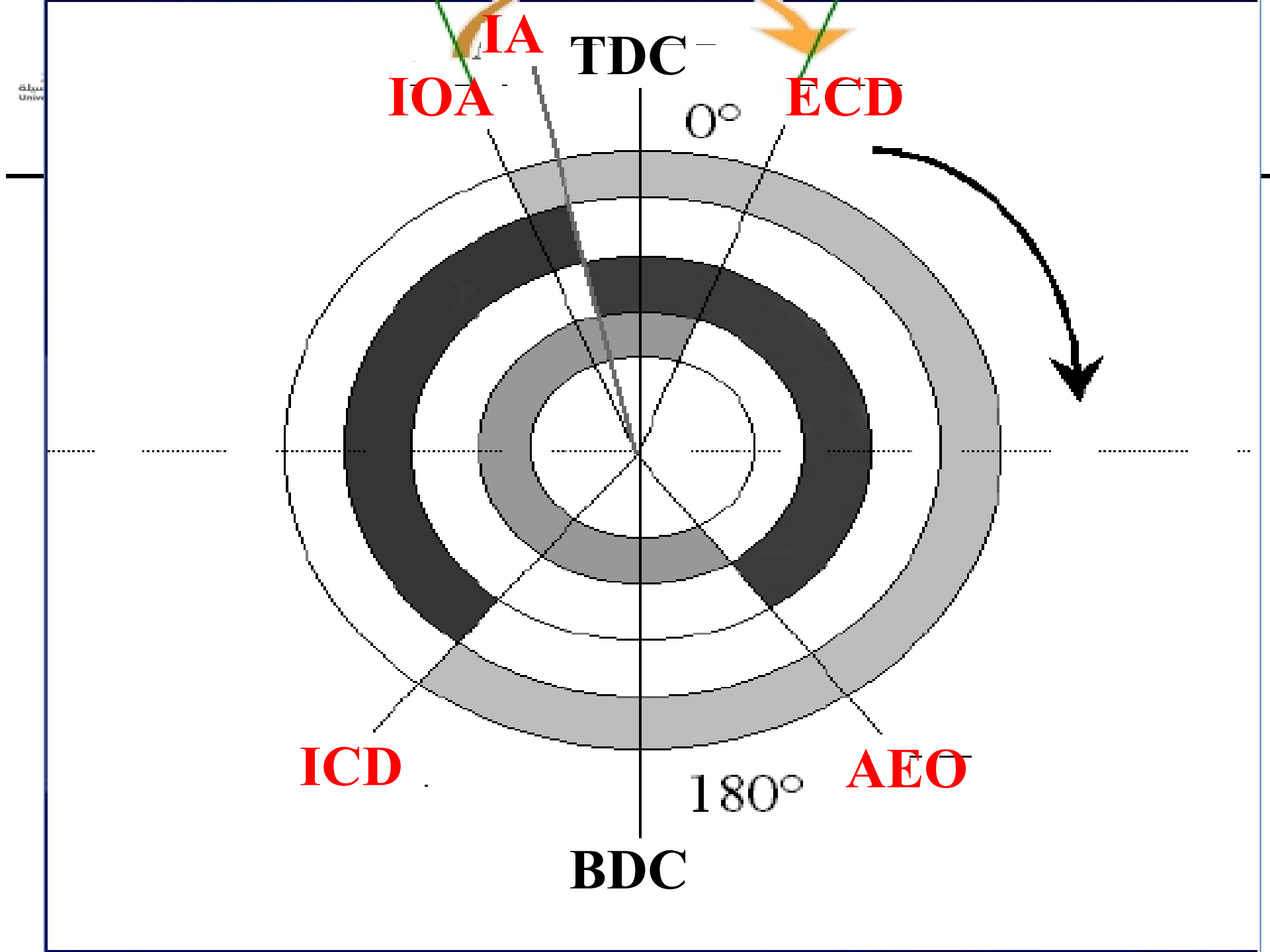
Changes made during exhaust

Exhaust Closing Delay

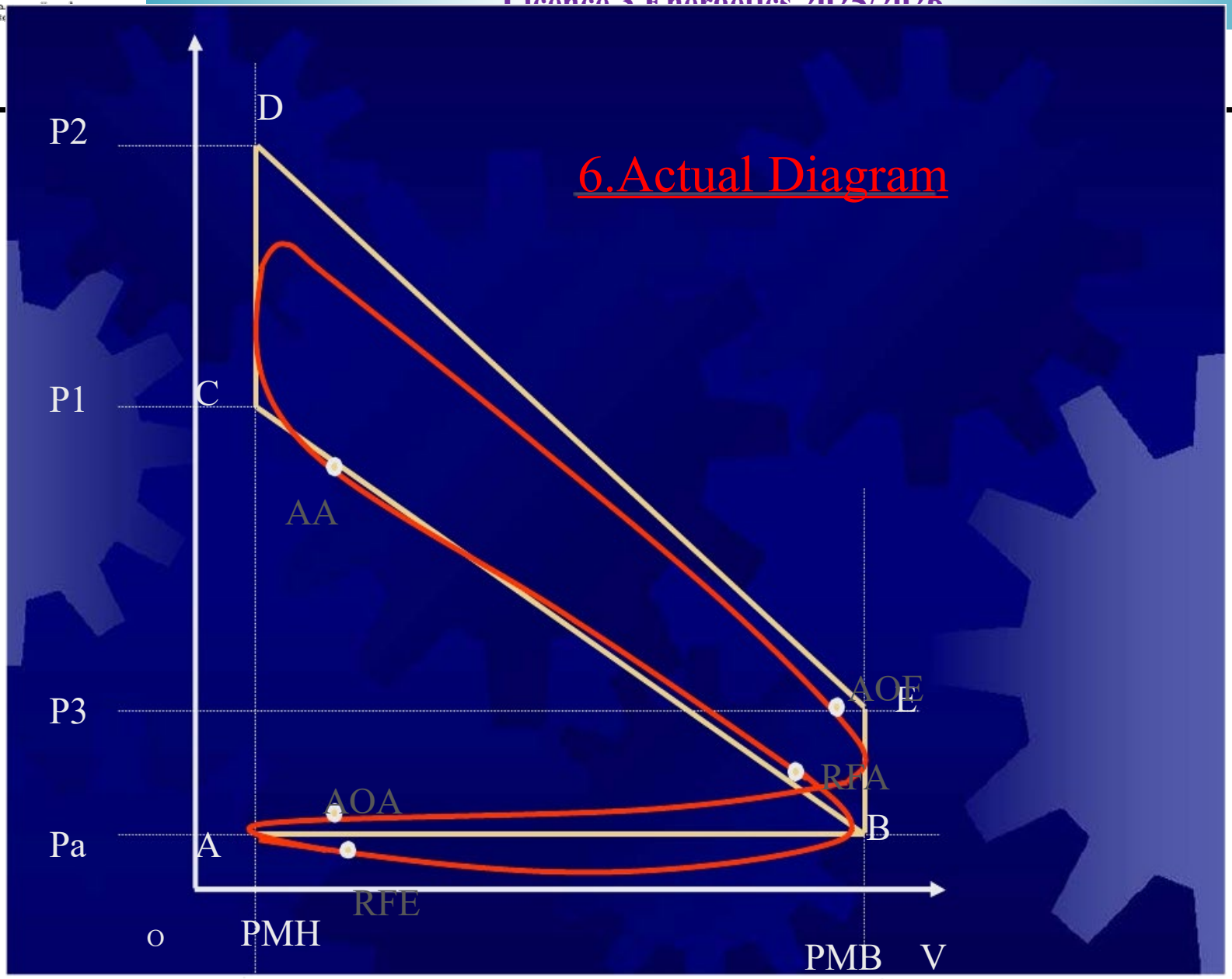
ECD

The same applies when closing the exhaust valve. Thus, there is an *exhaust closure delay (ECD)* compared to TDC.

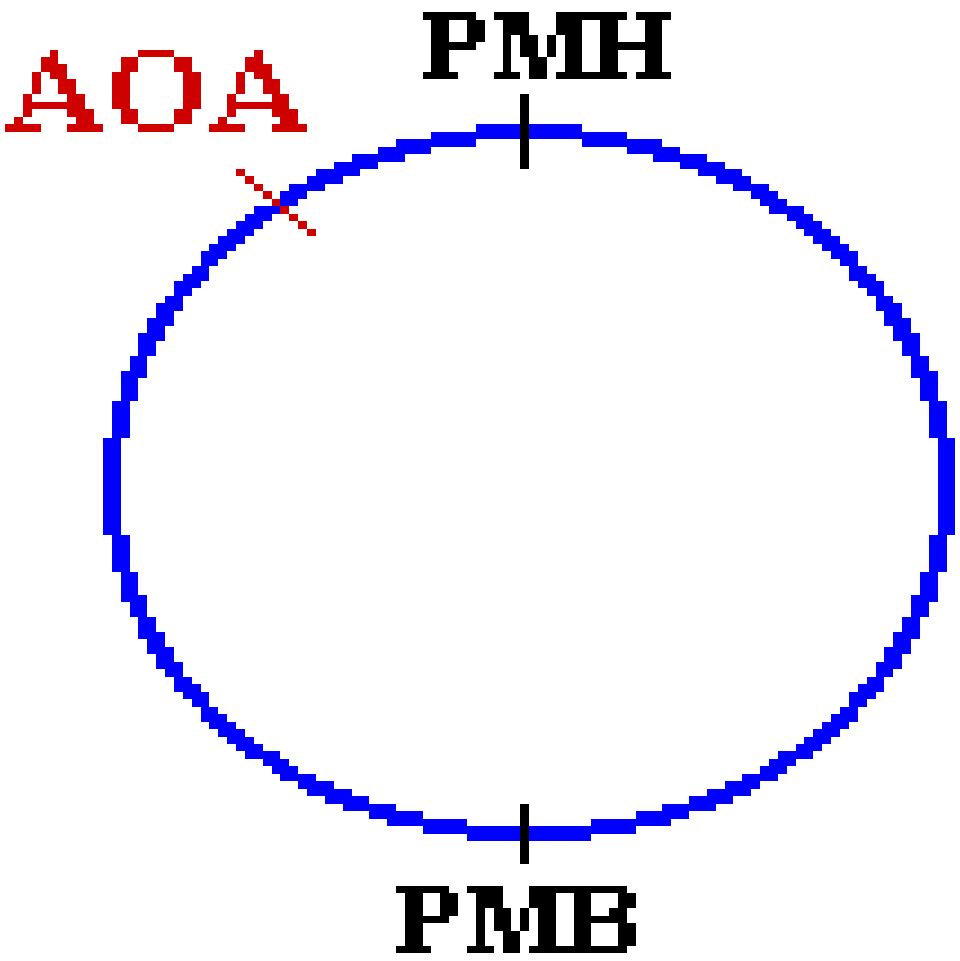



IA
TDC
IOA
ECD
0°
ICD
AEO
180°
BDC

6.Actual Diagram



Ouverture admission



Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

Definition of torque

Torque is the turning effect of a force on an object. It depends on the force applied and the distance from the pivot (lever arm) and has both magnitude and direction, making it a vector.

تعريف عزم الدوران

العزم هو التأثير الدوراني للقوة على جسم ما. يعتمد على القوة المطبقة والمسافة عن نقطة الارتكاز (ذراع العزم)، وله مقدار واتجاه، لذلك يُعتبر كمية متجهة

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

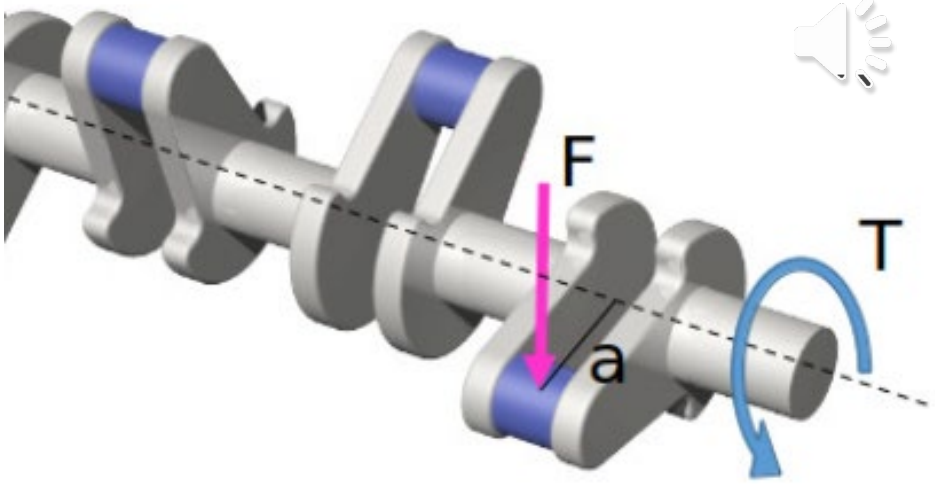
The torque *T [Nm]* is the product of the force *F [N]* and the length of the lever arm *a [m]*.

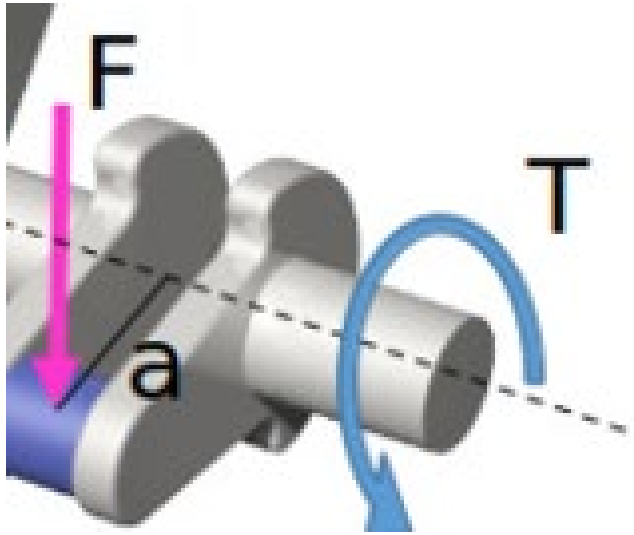
عزم الدوران T [Nm] هو حاصل ضرب القوة F [N] وطول ذراع الرافعة a [m].

$$T = F \cdot a$$

In order to increase the magnitude of the torque we can either increase the force, the length of the lever arm or both.

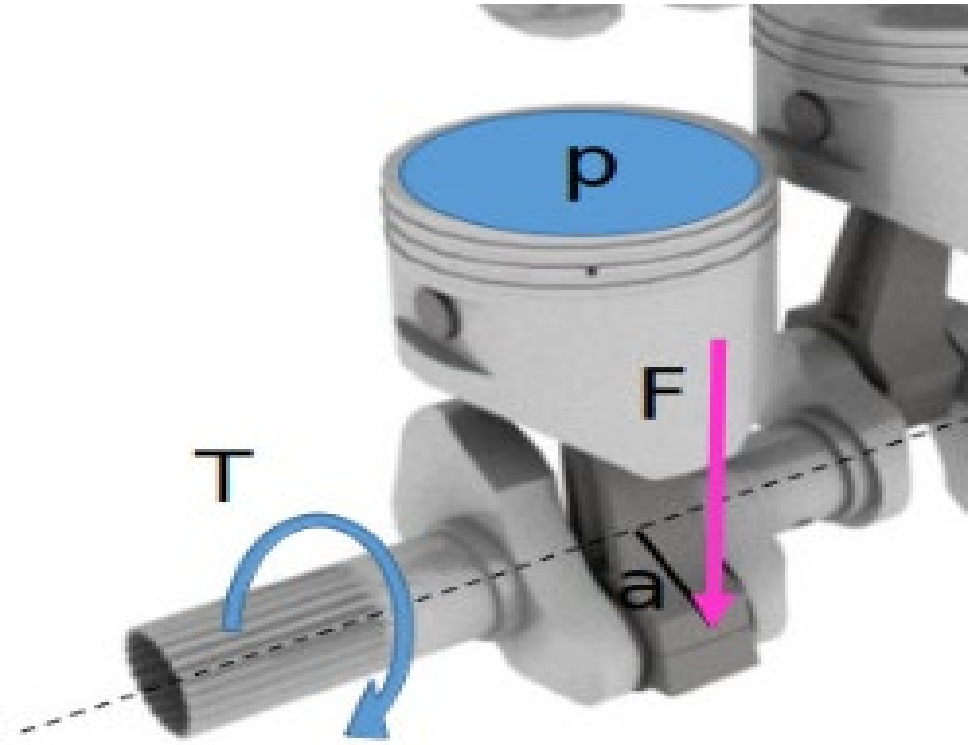
من أجل زيادة مقدار عزم الدوران، يمكننا إما زيادة القوة، أو طول ذراع الذراع، أو كليهما.





Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

The magnitude of the force *F* depends on the combustion pressure within the cylinder. The higher the pressure in the cylinder, the higher the force on the crankshaft, the higher the output torque.



يعتمد مقدار القوة F على ضغط الاحتراق داخل الأسطوانة. كلما زاد الضغط في الأسطوانة ، زادت القوة المؤثرة على العمود المرفقي ، زاد عزم الدوران الناتج.

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

Torque *T [N]* can also be expressed as a function of the mean effective pressure of the engine.

يمكن أيضا التعبير عن عزم الدوران T [N] كدالة لمتوسط الضغط الفعال للمحرك.

$$T = \frac{P_{me} \cdot V_d}{2\pi n}$$

p_{me} *[Pa]* – mean effective pressure
V_d *[m^3]* – engine displacement (volume)
n [-] – number of crankshaft rotations for a complete engine cycle (for a 4-stroke engine $n = 2$)

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

Example:

Calculate the torque at the crankshaft for an engine with the following parameters:

مثال:

احسب عزم الدوران عند العمود المرفقي لمحرك بالمعلمات التالية:

Cylinder bore, B [mm]	85	تجويف الاسطوانة, B [mm]	85
Cylinder pressure, p [bar]	12	ضغط الاسطوانة, p [bar]	12
Crank offset, a [mm]	62	ذراع كرنك ، a [mm]	62

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

First, we calculate the area of the piston (assuming the the piston head is flat and its diameter is equal with the bore of the cylinder):

$$A_p = \frac{\pi B^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0.085^2}{4} = 0.0056745 \text{ m}^2$$

Second, we'll calculate the force applied to the piston. To get the force in *N* (Newton), we'll use the pressure converted in *Pa* (Pascal).

$$F = p \cdot A_p = 120000 \cdot 0.0056745 = 680.94021 \text{ N}$$

Assuming that all the force in the piston goes into the connecting rod, the torque is calculated as:

$$T = F \cdot a = 680.94021 \cdot 0.062 = 42.218293 \text{ Nm}$$

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

Power is the rate at which work is done. In rotational systems, it is calculated as the product of torque and angular velocity.

القدرة هي الشغل المبذول في وحدة الزمن.
في أنظمة الدوران ، الطاقة P [W] هي نتاج عزم الدوران T [Nm] والسرعة الزاوية ω [rad / s].

$$P = T.\omega$$

The standard unit of measurement for power is W (Watt) and for rotational speed is rad/s (radian per second). Most of the vehicle manufacturers are providing the power of the engine in bhp (brake horsepower) and the rotational speedin rpm (rotations per minute). Therefore, we are going to use conversion formulas for both rotational speed and power. To convert from rpm to rad/s, we use:

وحدة القياس القياسية للطاقة هي W (Watt) وسرعة الدوران هي rad / s (راديان في الثانية). توفر معظم الشركات المصنعة للسيارات قوة المحرك في bhp (قوة حصان) وسرعة الدوران في دورة في الدقيقة (الدورات في الدقيقة). لذلك ، سنستخدم صيغ التحويل لكل من سرعة الدوران والقدرة.
للتحويل من rpm إلى rad / s، نستخدم:

$$\omega\ [\mathrm{rad/s}] = N\ [\mathrm{rpm}] \cdot \frac{\pi}{30}$$

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

The engine power can also be measured in *kW* instead of *W* for a more compact value. To convert from *kW* to *bhp* and reverse, we use:

يمكن أيضا قياس قدرة المحرك بالكيلوواط بدلا من Wللحصول على قيمة أكثر إحكاما. للتحويل من kWإلى bhpوالعكس ، نستخدم:

$$P[bhp] = 1.36\ P[kW]$$

$$P[kW] = \frac{P[bhp]}{1.36}$$

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

In some cases you might find HP (Horse Power) instead of bhp as unit of measurement for power. Having rotational speed measured in rpm and torque in Nm, the formula to calculate power is:

في بعض الحالات ، قد تجد HP (قوة حصان) بدلا من bhp كوحدة قياس للطاقة.
اذا كان لدينا سرعة الدوران بعدد الدورات في الدقيقة وعزم الدوران بالنيوتن متر ، فإن صيغة حساب الطاقة هي:

$$P[kW] = \frac{\pi . N[rpm] . T[N]}{30.1000}$$

$$P[HP] = \frac{1.36 . \pi . N[rpm] . T[N]}{30.1000}$$

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

Example

Calculate the engine power in both kW and HP, if the engine torque is 150 Nm and engine speed is 2800 rpm.

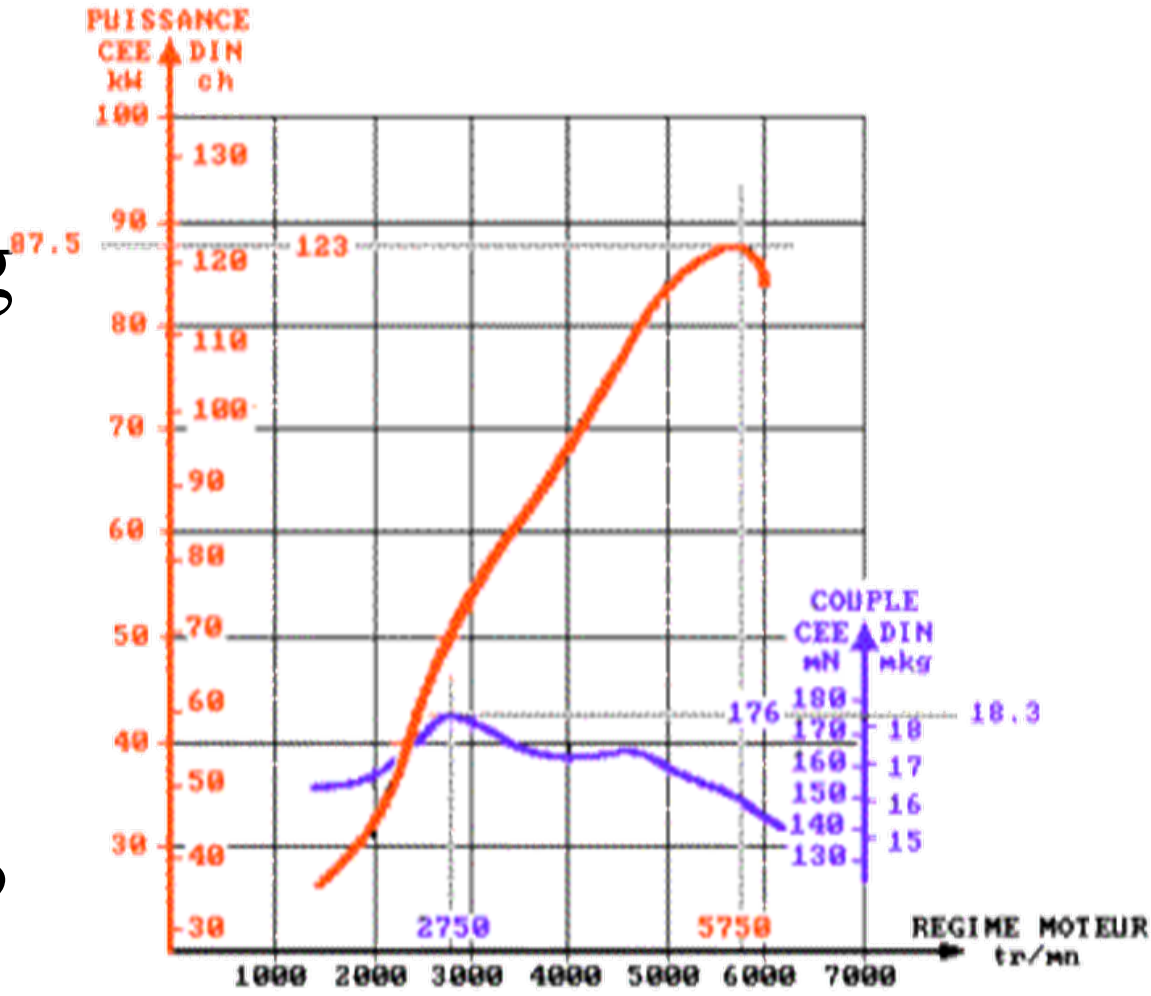
احسب قوة المحرك بالكيلوواط وحصان ، إذا كان عزم دوران المحرك 150 نيوتن متر وسرعة المحرك 2800 دورة في الدقيقة.

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

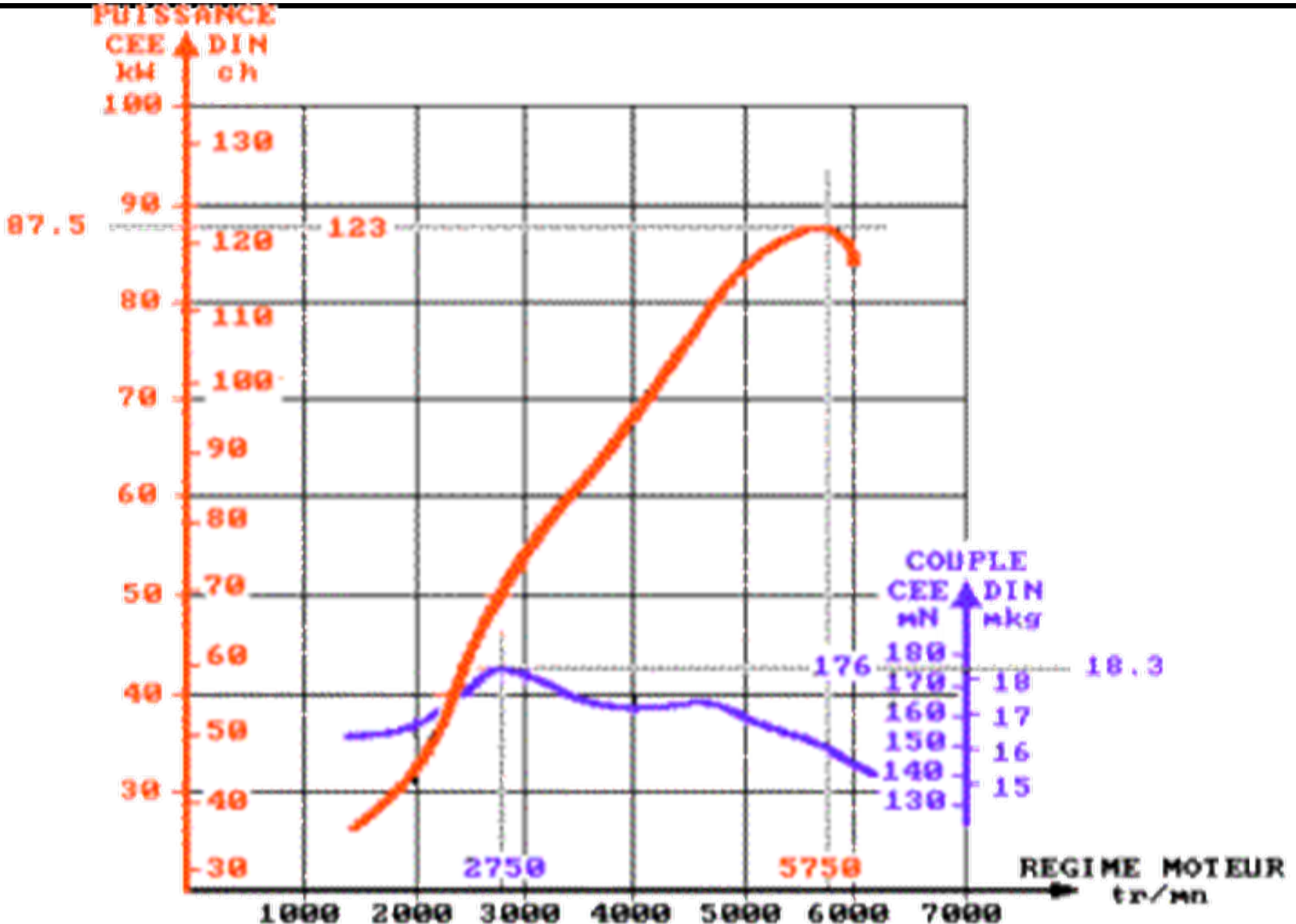
EXEMPLE :

One motor delivers 90 kW of power. During the test, it consumes 0.5 kg of fuel in 1 minute. What is its consumption?

Courbes caractéristiques



Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine



Exercice

Chapter 3. Actual cycle of an internal combustion engine

1. What is the value of the max torque?
2. What is the value of the max power?
3. What is the value of the Cs min.?