وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
كلية البوليتكنك/ الموصل

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي:	تقنيات هندسة الاوتوترونكس
اسم المقرر:	Engine technology
رمز المقرر:	ATD102
المرحلة/ المستوى:	1st Level
الفصل الدراسي:	First Semester
السنة الدراسية:	٢٠٢٥ – ٢٠٢٦

معلومات عامة

اسم المقرر:	تكنولوجيا المحركات					
القسم:	تقنيات هندسة الاوتوترونكس					
الكلية:	كلية البوليتكنك/ الموصل					
المرحلة / المستوى	المستوى الاول					
الفصل الدراسي:	الفصل الأول					
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري	٢	عملي	٣ ساعات		
عدد الوحدات الدراسية:	٥ وحدات					
الرمز:	**ATD102**					
نوع المادة	نظري		عملي		كلهما	٧
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	لا يوجد					
اسم المقرر النظير						
القسم						
رمز المقرر النظير						
معلومات تدريسي المادة						
اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	رفل خالد جاسم					
اللقب العلمي:	مدرس مساعد					
سنة الحصول على اللقب	٢٠٢٤					
الشهادة:	ماجستير هندسة الحراريات					
سنة الحصول على الشهادة	2022					
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	٥					

الوصف العام للمقرر

تكنولوجيا المحركات (Engine Technology) تهدف الى تعريف الطالب بمبادئ عمل محركات الاحتراق الداخلي، وأنواعها، ومكوناتها الأساسية، مع التركيز على أنظمة التحكم الحديثة باستخدام وحدات السيطرة الإلكترونية **(ECU)** وأجهزة الاستشعار .**(Sensors)**

يتضمن المقرر دراسة تفصيلية لأنظمة الوقود **(Fuel Systems)**، وأنظمة الإشعال **(Ignition Systems)**، وأنظمة العادم والهواء **(Air and Exhaust Systems)**، إضافة إلى طرق تحليل الأداء **(Performance Analysis)**وتشخيص الأعطال

كما يغطي المقرر المفاهيم الحديثة في صيانة المحركات، الضبط المتقدم **(Engine Tuning)**، وتقنيات تقليل الانبعاثات **(Emission Control)**، مع التركيز على الجانب العملي والتطبيقي لتعزيز مهارات الطلبة في الفحص، الصيانة، وإعادة بناء المحركات

الاهداف العامة

- **التعرف على مكونات المحرك وأجزاء أنظمة الوقود والإشعال والتحكم الإلكتروني.**
- **تحليل كفاءة المحرك والعوامل المؤثرة في الأداء والاقتصادية في استهلاك الوقود.**
- **تطبيق مهارات الصيانة والإصلاح وفق المعايير المهنية ومعايير السلامة.**
- **استخدام أدوات التشخيص الحديثة (Diagnostic Tools)في تحديد الأعطال.**
- **التعرف على أنظمة تقليل الانبعاثات وحماية البيئة.**

الاهداف المعرفية

- **فهم مبدأ عمل محركات الاحتراق الداخلي وأنواعها.**
- **التعرف على مكونات المحرك الأساسية ووظائفها.**
- **استيعاب دورة عمل المحرك ذات الأربع أشواط والثنائية الأشواط.**
- **معرفة أنظمة الوقود والإشعال والتحكم الإلكتروني.**
- **فهم العوامل المؤثرة في كفاءة المحرك وأدائه.**
- **الإلمام بمبادئ تقنيات الصيانة والإصلاح.**
- **التعرف على تقنيات الحد من الانبعاثات وآثارها البيئية.**
- **متابعة التطورات الحديثة في تكنولوجيا المحركات الذكية والهجينة.**

الاهداف المهاراتية

- **التعرف العملي على أجزاء المحرك وتفكيكها وتجميعها بشكل صحيح.**
- **تشخيص الأعطال الميكانيكية والإلكترونية باستخدام أدوات القياس والفحص الحديثة.**
- **تطبيق خطوات الصيانة الدورية وفق جداول التشغيل المعيارية.**
- **قياس الخلوصات والمسافات الدقيقة باستخدام أدوات هندسية مثل الفيلر والمقياس الميكرومتري.**
- **ضبط أنظمة الوقود والإشعال لتحقيق الأداء الأمثل للمحرك.**
- **تنفيذ اختبارات الأداء والكفاءة للمحرك بعد الصيانة.**
- **استخدام أجهزة الفحص الإلكتروني (OBD-II) في قراءة وتحليل بيانات وحدة التحكم بالمحرك.**
- **تطبيق إجراءات السلامة المهنية أثناء العمل في الورشة.**

الأهداف الوجدانية

- **تعزيز الانضباط والدقة في أداء الأعمال الفنية والهندسية** داخل المختبر أو الورشة.
- **تنمية روح المسؤولية والالتزام بمعايير السلامة المهنية** أثناء التعامل مع المحركات.
- **غرس قيم العمل الجماعي والتعاون** في تنفيذ المشاريع والتجارب الميدانية.
- **تعزيز الدافعية للتعلم الذاتي والتطوير المهني المستمر** في مجال تكنولوجيا المحركات.
- **تنمية الحس البيئي والوعي بأهمية تقنيات تقليل الانبعاثات** للحفاظ على البيئة.
- **تقدير أهمية الدقة والأمانة العلمية في تسجيل النتائج والتقارير.**
- **الاهتمام بالجودة والإتقان في جميع مراحل العمل الفني والهندسي.**

الأهداف الخاصة

- **فهم مبدأ عمل المحركات بأنواعها المختلفة** (بنزين – ديزل) ومكوناتها الميكانيكية والكهربائية.
- **تمييز أنظمة المحرك المختلفة** مثل(نظام الوقود، الإشعال، التبريد، والتشحيم).
- **تحليل أداء المحرك ومعرفة العوامل المؤثرة فيه** مثل (نسبة الانضغاط، كفاءة الاحتراق، واستهلاك الوقود).
- **تطبيق المعادلات الهندسية الخاصة بكفاءة المحرك** (الميكانيكية، الحرارية، الحجمية).
- **تشخيص الأعطال الميكانيكية والإلكترونية** باستخدام أجهزة الفحص الحديثة.
- **اكتساب مهارة تفكيك وتجميع المحرك** وفق التسلسل الفني الصحيح.
- **تطبيق أساليب الصيانة الوقائية والإصلاحية** لضمان استمرارية عمل المحرك بكفاءة.
- **فهم المبادئ البيئية الخاصة بانبعاثات المحرك وطرق الحد منها**.
- **التعرف على التقنيات الحديثة في المحركات الذكية والهجينة**

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- تفسير مبدأ عمل محركات الاحتراق الداخلي وأنواعها.
- تحليل أنظمة الوقود والإشعال والتحكم الإلكتروني في المحركات.
- توظيف القوانين والمعادلات الحرارية والميكانيكية في حساب كفاءة المحرك.
- تقييم أسباب الأعطال وأثرها على أداء المحرك واقتراح الحلول المناسبة
- تنفيذ إجراءات الصيانة والفحص باستخدام الأدوات المناسبة.
- تفكيك وتجميع المحرك بدقة وفق الترتيب الفني الصحي.
- إجراء الاختبارات العملية لتقييم أداء وكفاءة المحرك بعد الإصلاح.
- الالتزام بمعايير السلامة المهنية داخل الورشة والمختبر.
- إظهار روح التعاون والانضباط أثناء تنفيذ الأعمال الميدانية.
- احترام القيم البيئية والحرص على تقليل الانبعاثات الملوثة.
- إبداء الرغبة في التطوير الذاتي ومتابعة التقنيات الحديثة في تكنولوجيا المحركات.

المتطلبات السابقة

- لا يوجد متطلبات سابقة

الاهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية		
ت	تفصيل الهدف السلوكي او مخرج التعليم	آلية التقييم
1	المجال المعرفي (المجال العقلي والادراكي)	تذكر المعلومات او الحقائق او المفاهيم او النظريات التي تعلمها سابقا
2	المجال الوجداني (المجال العاطفي او الانفعالي)	التقبل والانتباه مستوى الاستجابة اهمية المادة
3	المجال النفسي (مهاري او الحركي)	المحاكاة الاداء المهاري الاداء الطبيعي للمهارة الاداء الذي يتطلب التناسق

اساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من اساليب التدريس لتناسب احتياج الطلاب ومحتوى المقرر		
ت	الاسلوب او الطريقة	مبررات الاختيار
1	اسلوب المحاضرات الحديثة	شرح المحاضرة بالتفصيل
2	عرض الفيديوهات	استخدام التكنلوجيا مثل مشاهدة فيديوهات توضيحية تبين الهدف من الفكرة
3	التعلم النشط	اجراء بعض الانشطة والتجارب لتصل الفكرة بصورة سريعة
4	طريقة العصف الذهني	تنمية القدرات الذهنية والابداعية لدى الطلاب
5	التعليم القائم	وجود مشكلة معينة فيتم منح الطالب المشكلة فيبحث عن حلها وتعتبر هذه من أفضل الطرق غير المباشرة
6	طريقة المجموعات	تشكيل مجموعات من الطلاب لمناقشة ولحل مسائل تتعلق بالمقرر

الفصل الاول من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(**Engine Technology**)					
عنوان الفصل	الوقت		Getting Started and General Concepts		
التوزيع الزمني	النظري	العملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الأول	٢ ساعات	٣ ساعات	مقدمة عن تكنولوجيا المحركات, المكونات الأساسية للمحرك, المسائل الحسابية+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	تقييم ذاتي

الفصل الثاني من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(**Engine Technology**)					
عنوان الفصل	الوقت		**Auto CAD Settings**		
التوزيع الزمني	النظري	العملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الثاني	٢ ساعات	٣ ساعات	مكوّنات المحرك الأساسية، الدورة الرباعية الأشواط+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران

الفصل الثالث من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)					
عنوان الفصل	الوقت		Using Drawing Aids		
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الثالث	٢ ساعات	٣ ساعات	تعريف نظام الاشتعال، مكوناته الأساسية، تمارين حسابية+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران

الفصل الرابع من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)					
عنوان الفصل	الوقت		Objects Properties		
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الرابع	٢ ساعات	٣ ساعات	نظام تزويد الوقود، الأنظمة المؤثرة على كفاءة الاحتراق + ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران

الفصل الخامس من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)					
عنوان الفصل	عنوان الفصل		Draw Commands		
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الخامس	٢ ساعات	٣ ساعات	أنظمة الوقود، حساب نسبة الهواء إلى الوقود، امثلة حسابية+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران
الأسبوع السادس	٢ ساعات	٣ ساعات	نظام التبريد، امثلة حسابية+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	امتحان
الأسبوع السابع	٢ ساعات	٣ ساعات	نظام التزييت ووظائفها وانواعها + ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	امتحان

الفصل السادس من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)					
عنوان الفصل	الوقت		Modifying Commands		
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الثامن	٢ ساعات	٣ ساعات	نظام العادم ووظائفها وانواعها، امثلة حسابية+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران

الأسبوع التاسع	٢ ساعات	٣ ساعات	الأداء العام للمحرك، امثلة حسابية + ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	امتحان

الفصل السابع من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)						
عنوان الفصل	الوقت		Dimensions			
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع العاشر	٢ ساعات	٣ ساعات	نظام تزويد الوقود في محركات الاحتراق الداخلي، مسائل حسابية + ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران
الأسبوع الحادي عشر	٢ ساعات	٣ ساعات	نظام الإشعال في محركات الاحتراق الداخلي، أنواع أنظمة الاشعال، توقيت الاشعال، مسائل حسابية +ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	امتحان

الفصل الثامن من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)						
عنوان الفصل	الوقت		Text Tools			
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الثاني عشر	٢ ساعات	٣ ساعات	Turbocharging and Supercharging, شرح, مسائل حسابية+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران

الفصل التاسع من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)					
عنوان الفصل	الوقت		Layers		
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الثالث عاشر	٢ ساعات	٣ ساعات	محركات الاحتراق الداخلي, استهلاك الوقود, والكفاءة الحرارية , العزم والقدرة+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران

الفصل العاشر من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)					
عنوان الفصل	الوقت		Blocks , Tables		
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الرابع عشر	٢ ساعات	٣ ساعات	Turbocharging and Supercharging, امثلة حسابية+ ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران

الفصل الحادي عشر من المحتوى العلمي تكنولوجيا المحركات(Engine Technology)					
عنوان الفصل	الوقت				
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس

الأسبوع الخامس عشر	٢ ساعات	٣ ساعات	تطبيق المعرفة النظرية المكتسبة حول ضبط أداء المحركات, امثلة حسابية + ورشة عملية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	تقييم ذاتي تقييم الاقران

المحتوى العلمي

خارطة القياس المعتمدة

المحتوى التعليمي	عناوين الفصول	الأهمية النسبية	الأهداف السلوكية					عدد الفقرات
			المعرفة	الفهم	التطبيق	التحليل	التقييم	
			النسبة					
الفصل الاول	**Introduction to Engine Technology**	% 10	% 10	% 30	% 40	% 5	% 5	20
الفصل الثاني	**Engine Control Systems (ECU & Sensors)**	% 10	% 10	% 30	% 40	% 5	% 5	4
الفصل الثالث	**Fuel Systems and Fuel Injection**	% 5	% 10	% 30	% 40	% 10	% 5	6
الفصل الرابع	**Ignition Systems**	% 10	% 10	% 30	% 40	% 5	% 5	4
الفصل الخامس	**Air and Exhaust Systems**	% 10	% 5	% 30	% 40	% 10	% 5	13
الفصل السادس	**Engine Performance and Efficiency**	% 10	% 5	% 30	% 40	% 5	% 10	15
الفصل السابع	**Diagnostics and Troubleshooting**	% 10	% 5	% 30	% 40	% 10	% 5	3
الفصل الثامن	**Engine Modifications for Performance**	% 10	% 5	% 30	% 40	% 10	% 5	3
الفصل التاسع	**Vintage Engine Maintenance & Basics**	% 10	% 5	% 30	% 40	% 10	% 10	15
الفصل العشر	**Overhauling and Rebuilding Engines**	% 5	% 5	% 30	% 40	% 10	% 10	4
الفصل الحادي عشر	**Advanced Engine Tuning and Performance Tuning**	% 10	% 10	% 30	% 40	% 5	% 5	10
المجموع	11	١٠٠ %	% 8	% 36	% 38	% 7	% 7	97

المحاضرة الاولى

الفصل الاول

"مقدمة عن تكنولوجيا المحركات"

" Introduction to Engine Technology "

تكنولوجيا المحركات (Engine Technology)

يهتم بدراسة تصميم وعمل وتشغيل المحركات الحرارية، وخاصة محركات الاحتراق الداخلي Internal Combustion Engines المستخدمة في السيارات والآلات والمولدات. تركز هذه المحاضرة على مكونات المحرك ودورة العمل الأساسية والاختلاف بين محركات البنزين والديزل

المكونات الأساسية للمحرك Main Engine Components

- Cylinder — الأسطوانة
- Piston — المكبس
- Connecting Rod — ذراع التوصيل
- Crankshaft — عمود المرفق
- Spark Plug — شمعة الإشعال
- Valves — الصمامات

دورة العمل ذات الأربعة أشواط Four-Stroke Cycle

- Intake Stroke — شوط السحب
- Compression Stroke — شوط الانضغاط
- Power Stroke — شوط القدرة
- Exhaust Stroke — شوط العادم

تعمل المحركات رباعية الأشواط على تحويل الطاقة الكيميائية للوقود إلى طاقة ميكانيكية عبر الاحتراق داخل الأسطوانة. يتحرك المكبس صعودًا ونزولاً مولداً عزمًا ينقله العمود المرفقي إلى العجلات أو التطبيقات الأخرى.

المصطلحات الأساسية Key Terms

Displacement — الإزاحة الحجمية للمحرك

Compression Ratio — نسبة الانضغاط

Volumetric Efficiency —الكفاءة الحجمية

Combustion Chamber —غرفة الاحتراق

قوانين أساسيةFormulas

1) Power (kW) = (2 × π × N × T) / 60 × 10^-3

2) Displacement = (π/4) × Bore² × Stroke × Number of Cylinders

Example: Engine Displacement Calculation

Given:

Cylinder bore = 80 mm

Stroke length = 90 mm

Number of cylinders = 4

Required:

Calculate the total engine displacement.

Solution:

First, convert dimensions from millimeters to meters:

- Bore = 80 mm = 0.08 m
- Stroke = 90 mm = 0.09 m

The displacement of one cylinder is calculated using the cylinder volume formula:

V_c =π4×(B)2×S

Substitute the given values:

V_c=π4× (0.08)2×0.09=0.000452 m^3

Substitute the given values:

V_{total} =0.000452×4=0.00181m3=0.00452×4=0.00181m^3

Convert to liters:

V_{total} =1.81L

Example:

A four-stroke internal combustion engine operates at a speed of 4000 rpm. Determine the total number of power (ignition) strokes produced by all cylinders per minute, assuming the engine has 4 cylinders.

Solution:

In a **four-stroke engine**, each cylinder completes **one power stroke every two revolutions** of the crankshaft.

Power strokes per cylinder=$\frac{\textbf{Engine speed (rpm)}}{\textbf{2}}$

Power strokes /min per cylinder=$\frac{400}{2}$

Now multiply by the number of cylinders:

Total power strokes/min=2000×4=8000

power (ignition) strokes per minute 8000

H.W

A four-stroke gasoline engine has **6 cylinders** and operates at a speed of **3600 rpm**. Calculate:

1_ The number of **power strokes per minute per cylinder**

2_ The **total number of power strokes per minute** for the entire engine

المحاضرة الثانية

الفصل الثاني

أنظمة التحكم في المحركات (وحدة التحكم الإلكترونية والحساسات)

Engine Technology: Engine Control Systems (ECU & Sensors)

تُعد أنظمة التحكم الإلكترونية من أهم التطورات في تكنولوجيا المحركات الحديثة، حيث تقوم وحدة التحكم الإلكترونية **(Electronic Control Unit - ECU)** بإدارة وتشغيل المحرك لتحقيق الأداء الأمثل من حيث القدرة، الاقتصاد في الوقود، وانبعاثات العادم.

أولاً: وحدة التحكم الإلكترونية(ECU)

11 .التعريف:

هي حاسوب صغير موجود في السيارة يتحكم في جميع العمليات المتعلقة بالمحرك عن طريق تحليل بيانات الحساسات واتخاذ القرارات المناسبة لضبط توقيت الحقن والإشعال.

2.الوظائف الرئيسية:

- التحكم في كمية الوقود المحقونة.
- ضبط توقيت الإشعال.
- التحكم في سرعة الخمول.(Idle Speed)
- مراقبة انبعاثات العادم.
- اكتشاف الأعطال وتشغيل ضوء التحذير.(Check Engine Light)

3.المكونات الداخلية لـ:ECU

- **Microprocessor**:المعالج المركزي للعمليات.
- **Memory Units (ROM, RAM, EEPROM)**:لتخزين البرامج والمعطيات.
- **Input/Output Interfaces**:لتبادل الإشارات مع الحساسات والمشغلات.

ثانياً: الحساسات Sensors

1.أنواع الحساسات الأساسية في نظام التحكم بالمحرك

الوظيفة الأساسية	الترجمة العربية	اسم الحساس (بالإنجليزية)
يقيس نسبة الأوكسجين في العادم لضبط خليط الوقود والهواء.	حساس الأوكسجين	**Oxygen Sensor (O_2 Sensor)**
يقيس كمية الهواء الداخل للمحرك	حساس تدفق الهواء الكتلي	**Mass Air Flow Sensor (MAF)**
يحدد ضغط الهواء داخل مجمع السحب	حساس ضغط المانيفولد	**Manifold Absolute Pressure Sensor (MAP)**
يحدد زاوية فتح صمام الخانق	حساس موقع دواسة الوقود	**Throttle Position Sensor (TPS)**
يقيس درجة حرارة المحرك	حساس حرارة سائل التبريد	**Coolant Temperature Sensor (CTS)**
يحدد موقع وسرعة دوران العمود لتوقيت الإشعال	حساس موقع عمود المرفق	**Crankshaft Position Sensor (CKP)**

ثالثاً: المشغلات(Actuators)

- **Fuel Injectors**: ترش الوقود بدقة حسب أوامر الـECU.
- **Ignition Coils**: تولد الشرارة للإشعال.
- **Idle Control Valve**: تنظم سرعة المحرك في وضع الخمول.
- **EGR Valve**: تتحكم في إعادة تدوير غازات العادم لتقليل الانبعاثات.

رابعاً: مبدأ عمل النظام:

١. تقوم **الحساسات** بجمع المعلومات (حرارة، ضغط، سرعة...).

٢. تُرسل هذه البيانات إلى **ECU**.

٣. تقوم الـ ECU بمعالجة الإشارات ومقارنتها بالبيانات المخزنة.

٤. تُصدر أوامر إلى **المشغلات** لضبط أداء المحرك.

Example: If the MAF sensor measures an air flow rate of **25 g/s**, and the ideal air-fuel ratio is **14.7:1**, calculate the required fuel mass flow rate.

$$\text{Fuel mass flow rate} = = \frac{(\text{Air mass flow rate})}{\text{Air–Fuel Ratio}}$$

$$\text{Fuel} = \frac{25}{14.7} \ 1.7 \text{g/s}$$

Therefore, the required fuel flow rate is 1.7 g/s.

H.W (Homework):

1. Explain the role of the **oxygen sensor (O_2 sensor)** in improving fuel consumption efficiency.
2. Calculate the amount of fuel required for an engine that draws **30 g/s** of air, assuming an **air–fuel ratio of 14.7:1**.
3. Describe the difference between the **MAF sensor** and the **MAP sensor** in terms of their working principles and applications

المحاضرة الثالثة

الفصل الثالث

Fuel Systems and Fuel Injection (أنظمة الوقود وحقن الوقود)

يُعد نظام الوقود أحد أهم الأنظمة في المحرك، إذ يقوم بتخزين الوقود وتوصيله إلى الأسطوانات بالكمية والضغط المناسبين لضمان عملية احتراق مثالية. شهدت أنظمة الوقود تطورًا كبيرًا من الأنظمة الميكانيكية البسيطة إلى أنظمة الحقن الإلكتروني الحديثة التي تتحكم بها وحدة الـ ECU

أولاً: مكونات نظام الوقود(Fuel System Components)

المكون	الاسم بالإنجليزية	الوظيفة
خزان الوقود	Fuel Tank	تخزين الوقود بأمان.
مضخة الوقود	Fuel Pump	نقل الوقود من الخزان إلى المحرك تحت ضغط معين.
فلتر الوقود	Fuel Filter	تنقية الوقود من الشوائب قبل دخوله إلى الحاقنات.
أنابيب الوقود	Fuel Lines	توصيل الوقود بين الأجزاء المختلفة.
منظم الضغط	Fuel Pressure Regulator	الحفاظ على ضغط ثابت داخل النظام.
حاقنات الوقود	Fuel Injectors	رش الوقود بدقة داخل مجمع السحب أو غرفة الاحتراق.

ثانياً: أنواع أنظمة حقن الوقود(Types of Fuel Injection Systems)

1. Carburetor System نظام الكبريتور (المغذي):

- يعتمد على سحب الهواء لتوليد فرق ضغط يسحب الوقود إلى داخل المحرك.
- بسيط ورخيص، لكنه أقل كفاءة في التحكم بنسبة الخليط.

2. Throttle Body Injection (TBI) :

- يُحقن الوقود في جسم الخانق (بدلاً من الكبريتور).
- يعتبر مرحلة انتقالية بين النظام الميكانيكي والإلكتروني.

: Multi-Point Fuel Injection (MPFI).3

- يحتوي على حاقن مستقل لكل أسطوانة.
- دقة عالية في التحكم بكمية الوقود لكل أسطوانة.

: Direct Fuel Injection (GDI).4

- يُحقن الوقود مباشرة داخل غرفة الاحتراق.
- يحقق أعلى كفاءة في استهلاك الوقود وأقل انبعاثات.

ثالثاً: مبدأ عمل نظام الحقن الإلكتروني(EFI System Working Principle)

١. الـ **ECU** تستقبل إشارات من الحساسات.(MAF, TPS, O_2…)
٢. تحسب الكمية المثالية من الوقود المطلوبة.
٣. ترسل إشارات كهربائية إلى الحاقنات لفتحها لمدة محددة.(Injection Pulse Width)
٤. يتم رش الوقود تحت ضغط معين داخل مجمع السحب أو الأسطوانة.

رابعاً: معادلة كمية الوقود المحقونة(Fuel Quantity Calculation)

$$\text{fuel mass flow rate} = = \frac{(\text{Air mass flow rate})}{\text{Air–Fuel Ratio}}$$

Example: If the engine's air flow rate is **35 g/s**, and the ideal **air–fuel ratio (AFR)** is **14.7:1**, calculate the required **fuel mass flow rate**.

Solution:

To find the fuel mass flow rate, use the following formula:

$$\text{fuel mass flow rate} = = \frac{(\text{Air mass flow rate})}{\text{Air–Fuel Ratio}}$$

Substitute the given values:

$$\text{Fuel} = \frac{35}{14.7}\ 1.7\text{g/s}$$

Therefore, the required fuel mass flow rate is 2.38 g/s

خامساً: مزايا أنظمة الحقن الإلكتروني(Advantages of EFI Systems)

- تحسين كفاءة استهلاك الوقود.
- تقليل الانبعاثات الضارة.
- تشغيل أسهل في الطقس البارد.
- استجابة أسرع لدواسة الوقود.
- تحسين أداء المحرك العام.

سادساً: الأعطال الشائعة(Common Problems)

الأثر	السبب المحتمل	العطل
خليط فقير بالوقود	انسداد حاقن الوقود	ضعف التسارع
خليط غني بالوقود	حساس O_2 تالف أو ضغط وقود مرتفع	استهلاك عالي للوقود
ضعف في التزويد بالوقود	انسداد فلتر الوقود أو تسرب	اهتزاز في عمل المحرك

H.W (Homework):

1. Explain the main advantages of **Electronic Fuel Injection (EFI)** compared to the carburetor system.
2. Calculate the required fuel mass flow rate for an engine with **airflow = 40 g/s** and **AFR = 14.7:1**.
3. Describe the differences between **MPFI** and **GDI** systems in terms of fuel delivery and efficiency

المحاضرة الرابعة

الفصل الرابع

Ignition Systems أنظمة الإشعال في محركات البنزين

المقدمة: نظام الإشعال (Ignition System) هو المسؤول عن توليد الشرارة الكهربائية اللازمة لإشعال خليط الوقود والهواء داخل أسطوانات المحرك في اللحظة المناسبة. يُعد توقيت الإشعال ودقته من العوامل الأساسية لتحقيق أقصى كفاءة في الأداء وتقليل استهلاك الوقود والانبعاثات.

أولاً: مكونات نظام الإشعال(Main Components of the Ignition System)

المكون	الاسم بالإنجليزية	الوظيفة
البطارية	**Battery**	مصدر الطاقة الكهربائية للنظام.
المفتاح الكهربائي	**Ignition Switch**	تشغيل أو إيقاف النظام.
ملف الإشعال	**Ignition Coil**	تحويل الجهد المنخفض إلى جهد عالي يولّد الشرارة.
الموزع	**Distributor**	يوزع الجهد العالي على شمعات الإشعال بالترتيب الصحيح.
شمعات الإشعال	**Spark Plugs**	توليد الشرارة داخل غرفة الاحتراق.
وحدة التحكم الإلكترونية	**Ignition Control Unit (ICU/ECU)**	تتحكم إلكترونيًا في توقيت ومدة الشرارة.

ثانياً: أنواع أنظمة الإشعال(Types of Ignition Systems)

1. Conventional Ignition System النظام التقليدي:

- يعتمد على موزع (Distributor) ونقاط تماس ميكانيكية.(Contact Points)
- بسيط ورخيص، لكنه يحتاج صيانة دورية وتعديلات متكررة.

2. Electronic Ignition System النظام الإلكتروني

- يستخدم حساس موقع العمود المرفقي ووحدة تحكم إلكترونية بدلاً من نقاط التماس.
- يتميز بدقة أعلى في توقيت الإشعال وعمر أطول للمكونات.

3. Distributor-less Ignition System (DIS)

- لا يحتوي على موزع، بل يستخدم ملفات إشعال متعددة.
- يتم التحكم بالشرارة عبر وحدة ECU مباشرة.

4. Coil-on-Plug (COP) System

- لكل أسطوانة ملف إشعال خاص بها مثبت فوق شمعة الإشعال.
- يوفر أقصى كفاءة في نقل الجهد ودقة عالية جدًا في التوقيت

ثالثاً: مبدأ عمل نظام الإشعال(Working Principle)

١. **البطارية** تزود النظام بجهد منخفض.(12V)

٢. **ملف الإشعال** يحول هذا الجهد إلى جهد عالٍ (قد يصل إلى ٤٠,٠٠٠ فولت).

٣. **الشرارة** تُولد عند شمعات الإشعال في الوقت المحدد (توقيت الإشعال).

٤. **الـ ECU** يتحكم في اللحظة الدقيقة التي تحدث فيها الشرارة حسب سرعة المحرك وحمل التشغيل.

رابعاً: توقيت الإشعال(Ignition Timing)

- **Advance Timing:** إشعال الخليط قبل وصول المكبس إلى النقطة العليا لضمان احتراق كامل.
- **Retard Timing:** تأخير الإشعال بعد النقطة العليا يؤدي إلى فقدان القدرة وزيادة الحرارة.
- التوقيت المثالي يعتمد على **سرعة المحرك، الحمل، ودرجة حرارة المحرك**.

(Example):

If an ignition coil produces a voltage increase ratio of **1:2000**, and the battery voltage is **12 V**, calculate the output voltage supplied to the spark plug.

Step 1: the known data

- Voltage increase ratio = 1: 2000
- Input voltage (battery voltage) = 12 V

V_{out}==V_{in}×Turns Ratio

Step 2: Recall the formula
The ignition coil works as a step-up transformer. The output voltage is proportional to the turn's ratio between the secondary and primary winding

V_{out}=12×2000

Step 3: Substitute the values

V_{out}=12×2000=24,000V

Therefore, the ignition coil delivers 24,000 volts to the spark plug

خامساً: الأعطال الشائعة في نظام الإشعال(Common Ignition Problems):

التأثير	السبب	العطل
شرارة ضعيفة	ضعف في ملف الإشعال أو البطارية	صعوبة التشغيل
احتراق غير منتظم	شمعة إشعال تالفة	اهتزاز أو تقطيع أثناء التشغيل
احتراق غير كامل	توقيت إشعال غير صحيح	استهلاك زائد للوقود
تأخر الشرارة	حساس عمود المرفق تالف	فقدان القدرة

سادساً: مزايا نظام الإشعال الإلكتروني(Advantages of Electronic Ignition)

- دقة عالية في توقيت الشرارة.
- تقليل الحاجة إلى الصيانة.
- تحسين استجابة المحرك.

- خفض الانبعاثات وزيادة الكفاءة الحرارية.

H.W (Homework):

1. Explain the difference between **conventional** and **electronic ignition systems**.
2. Calculate the output voltage if the ignition coil has a **1:2500 ratio** and the battery provides **12 V**.
3. Describe how the **ECU** controls ignition timing based on engine speed and load.

الفصل الخامس

Air and Exhaust Systems : (أنظمة الهواء والعادم في المحركات)

المقدمة:

أنظمة **الهواء والعادم** هي جزء أساسي من أداء المحرك وكفاءته، إذ تتحكم بكمية الهواء الداخل للمحرك وطريقة خروج غازات الاحتراق. يهدف تصميم هذه الأنظمة إلى تحسين الاحتراق، زيادة القدرة، تقليل الضوضاء، وخفض الانبعاثات الضارة.

أولاً: نظام سحب الهواء(Air Intake System)

◆الوظيفة الأساسية:

تزويد المحرك بكمية كافية من الهواء النقي اللازم لعملية الاحتراق.

◆المكونات الرئيسية:

المكون	الاسم بالإنجليزية	الوظيفة
فلتر الهواء	**Air Filter**	تنقية الهواء من الغبار والشوائب قبل دخوله للمحرك
أنبوب السحب	**Intake Duct / Hose**	نقل الهواء من الفلتر إلى مجمع السحب
مجمع السحب	**Intake Manifold**	توزيع الهواء بشكل متساوٍ إلى جميع الأسطوانات
حساس تدفق الهواء	**Mass Air Flow Sensor (MAF)**	قياس كمية الهواء الداخل للمحرك
صمام الخانق	**Throttle Valve**	التحكم بكمية الهواء الداخل حسب وضع دواسة الوقود

ثانياً: نظام العادم(Exhaust System)

◆الوظيفة الأساسية:

تصريف غازات الاحتراق من الأسطوانات إلى الخارج بطريقة آمنة وفعالة، مع تقليل الانبعاثات والضوضاء.

◆المكونات الرئيسية:

المكون	الاسم بالإنجليزية	الوظيفة
مجمع العادم	**Exhaust Manifold**	يجمع غازات العادم الخارجة من الأسطوانات.
المحفز الحفزي	**Catalytic Converter**	تحويل الغازات السامة (CO, NOx, HC) إلى غازات أقل ضررًا.
حساس الأوكسجين	**Oxygen Sensor (O_2 Sensor)**	مراقبة نسبة الأوكسجين لضبط الخليط الهوائي الوقودي.
أنبوب العادم	**Exhaust Pipe**	نقل الغازات إلى مؤخرة السيارة.
كاتم الصوت	**Muffler**	تقليل الضوضاء الناتجة عن خروج الغازات.

ثالثاً: مبدأ عمل النظامين(Working Principle)

١. **الهواء** يدخل من خلال الفلتر يمر عبر الخانق يدخل مجمع السحب إلى الأسطوانات.
٢. **يحدث الاحتراق** داخل الأسطوانات، وينتج عنه غازات عادم عالية الضغط والحرارة.
٣. **تخرج الغازات** عبر مجمع العادم المحفز الحفزي الكاتم أنبوب العادم إلى الخارج.

رابعاً: (Turbocharger System)

هو جهاز يستخدم طاقة غازات العادم لتدوير توربين يقوم بضغط الهواء الداخل للمحرك.

◆ **الوظيفة:**

زيادة كمية الهواء الداخل وبالتالي زيادة كمية الوقود المحترق، مما يؤدي إلى **زيادة القدرة** دون زيادة حجم المحرك.

◆ **المكونات:**

- **Turbine Wheel**: تدور بطاقة غازات العادم.
- **Compressor Wheel**: يضغط الهواء الداخل.
- **Intercooler**: يبرد الهواء قبل دخوله للمحرك لتحسين الكفاءة.

Example

If an engine draws **300 g/s of air**, and the air passes through a **turbocharger** that increases pressure by a ratio of **1.8:1**,
calculate the new air mass flow rate entering the engine.

Step 1: the known data

- Initial air flow rate (Q1) = 300 g/s
- Turbocharger pressure ratio = 1.8: 1

- **Step 2: Recall the relation between air pressure and mass flow rate**

  When air pressure increases due to turbocharging, the **density** of the air also increases.

  Since the engine's intake volume per cycle remains nearly constant, the **mass flow rate** of air entering the engine is proportional to the pressure ratio.
- Q2=Q1×Pressure Ratio

where:

- Q2= new air flow rate after turbocharging
- Q1= initial air flow rate
- Pressure Ratio = 1.8

New Air Flow=300×1.8

Therefore, the turbocharged engine receives 540 g/s of air.

سادساً: الأعطال الشائعة(Common Problems)

العطل	السبب	التأثير
انخفاض القدرة	انسداد فلتر الهواء	نقص الهواء الداخل للمحرك
ارتفاع استهلاك الوقود	تلف حساس O_2	خليط غير مضبوط
صوت عالي من العادم	كسر في كاتم الصوت	زيادة الضوضاء
دخان أسود	انسداد في المحفز الحفزي أو زيادة الوقود	احتراق غير كامل

سابعاً: تحسين كفاءة نظامي الهواء والعادم(Improving Efficiency)

- استخدام **فلاتر هواء عالية الكفاءة**.**(High-Flow Filters)**
- التأكد من سلامة **المحفز الحفزي**.
- تنظيف **مجمع السحب والعادم** دوريًا.
- ضبط **نظام الحقن والإشعال** بدقة لتحسين الاحتراق.

H.W (Homework):

1. Explain the main functions of the **Air Intake System** and its major components.
2. Describe the role of the **Catalytic Converter** and how it reduces harmful emissions.
3. Calculate the new air flow rate if a **turbocharger** increases pressure from 1.0 bar to 1.7 bar, and the engine initially draws **250 g/s of air**

.

المحاضرة السادسة

الفصل السادس

Engine Performance and Efficiency : أداء المحرك وكفاءته

المقدمة:

أداء المحرك وكفاءته من أهم عوامل تصميم وتشغيل المحركات، حيث يحددان القدرة الناتجة، استهلاك الوقود، وانبعاثات العادم.

أداء المحرك (Engine Performance) يعبر عن القدرة وعزم الدوران عند سرعات مختلفة، بينما **كفاءة المحرك (Efficiency)** تحدد نسبة الطاقة الناتجة مقارنة بالطاقة المخزنة في الوقود

أولاً: معايير أداء المحرك(Engine Performance Parameters)

المعامل	التفسير	وحدة القياس
القدرة(Power)	معدل أداء العمل الناتج عن المحرك	kW / hp
عزم الدوران(Torque)	القوة الدورانية الناتجة عند العمود المرفقي	N·m
سرعة المحرك (Engine Speed)	دوران العمود المرفقي في الدقيقة	rpm
استهلاك الوقود	كمية الوقود المستهلكة بالنسبة للمسافة أو الوقت	L/100kmأو g/kWh
التسارع	قدرة السيارة على زيادة السرعة خلال فترة زمنية	s (0-100 km/h)

ثانياً: علاقة القدرة وعزم الدوران

$$P = \frac{T \times 2\pi N}{60}$$

حيث:

- P = القدرة(Watt)
- T = عزم الدوران(N·m)

- N = سرعة المحرك(rpm)

Example:

If the engine produces a **torque of 200 N·m** at a **speed of 3000 rpm**, calculate the engine power.

Solution:

$$P = \frac{T \times 2\pi N}{60}$$

Substitute the given values:

$$P = \frac{200 \times 2\pi \times 300}{60}$$

$$P = 62{,}832W \approx 62.8kW$$

ثالثاً: أنواع كفاءة المحرك(Engine Efficiency Types)

النوع	التعريف
Mechanical Efficiency	نسبة القدرة الناتجة من العمود المرفقي إلى القدرة المحترقة داخل الأسطوانات.
Thermal Efficiency	نسبة الطاقة الميكانيكية الناتجة إلى الطاقة الحرارية المخزنة في الوقود.
Volumetric Efficiency	مدى قدرة المحرك على ملء الأسطوانات بالهواء بالمقارنة مع الحجم النظري.
Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)	كمية الوقود المطلوبة لإنتاج وحدة قدرة.(g/kWh)

رابعاً: عوامل تؤثر على أداء المحرك وكفاءته

١. **نوع الوقود** :تأثيره على قدرة الاحتراق ودرجة الحرارة.

٢. **نظام الحقن والإشعال** :دقة الخلط والتوقيت تؤثر على الاحتراق.

٣. **درجة حرارة وسرعة الهواء الداخل**: الهواء البارد يزيد الكثافة ويزيد القدرة.

٤. **ضغط وتبريد المحرك**: ارتفاع الضغط في الأسطوانة يزيد القدرة، لكن الحرارة الزائدة تقلل الكفاءة.

٥. **احتكاك المكونات الداخلية**: زيادته يقلل القدرة الفعالة.

Example:

An engine produces a torque of **250 N·m** at a speed of **4000 rpm**. Calculate the engine power.

Solution:

$$P = \frac{T \times 2\pi N}{60}$$

Substitute the given values:

$$P = \frac{250 \times 2\pi \times 4000}{60}$$

$$P = 104{,}720\,W = 104.72\,kW$$

Example: Calculating Thermal Efficiency

Given Data:

- **Brake Power (BP) = 60 kW**
- **Fuel Flow Rate m_f^0= 0.0025 kg/s**
- **Calorific Value (CV) = 44,000 kJ/kg**

Required:

Find the Thermal Efficiency (η□□) of the engine

$$\eta\square\square = \frac{BrakePower}{FuelPower}$$

$$\eta\square\square = \frac{60*1000}{44*0.0025} = 0.545$$

➢ **الكفاءة الحجمية. (Volumetric Efficiency – η_v):**

.هي مقياس لقدرة المحرك على **سحب الهواء (أو خليط الهواء والوقود)** إلى الأسطوانات أثناء شوط السحب

$$\eta_v = \frac{Actual\ air\ mass\ inducted}{Theoretical\ air\ mass}$$

- كلما زادت الكفاءة الحجمية، زادت كمية الهواء داخل الأسطوانة، وبالتالي يمكن حرق كمية أكبر من الوقود، وهذا يؤدي إلى **زيادة القدرة الخارجة(Brake Power)**

➢ **الكفاءة الميكانيكية:(Mechanical Efficiency – η_m)**

هي مقياس لقدرة المحرك على **تحويل الطاقة المتولدة داخل الأسطوانة** (Indicated Power)إلى **قدرة خارجة عند عمود المرفق** .(Brake Power)

$$\eta_m = \frac{\text{Brake Power (BP)}}{\text{Indicated Power (IP)}} \times 100\%$$

- تقل الكفاءة الميكانيكية بسبب **الفواقد الميكانيكية** الناتجة عن الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة، وضخ الزيت والمضخات، والاحتكاك الديناميكي للغازات

العلاقة بين الكفاءة الحجمية والميكانيكية:

- لا توجد علاقة **مباشرة رياضية** بينهما، لأن كل واحدة منهما تعبر عن جانب مختلف من أداء المحرك:
  - الكفاءة الحجمية مرتبطة **بكمية الهواء** الداخل إلى المحرك (الجانب التنفسي للمحرك).
  - الكفاءة الميكانيكية مرتبطة **بالفواقد الميكانيكية** داخل المحرك.
- لكن هناك **علاقة غير مباشرة** مهمة:

- **عندما تزداد الكفاءة الحجمية** ⇒ **(η_v)** يدخل هواء أكثر ⇒ يحدث احتراق أفضل ⇒ يزداد الضغط داخل الأسطوانة ⇒ ترتفع القدرة المتولدة.(Indicated Power)
- إذا بقيت الفواقد الميكانيكية ثابتة، فإن زيادة القدرة المتولدة تؤدي إلى **ارتفاع الكفاءة الميكانيكية (η_m)** لأن:

$$\eta_m = \frac{\text{Brake Power (BP)}}{\text{Indicated Power (IP)}}$$

وعندما تزيد IPبشكل أكبر من الفواقد، ترتفع BPأيضًا.

$\eta_{Overall}$ = الكفاءة الكلية للمحرك(Overall Efficiency)

$$\eta_o = \eta_m \times \eta_v \times \eta_{th}$$

الكفاءة الحجمية(η_v)	كمية الهواء الداخل	تؤثر في الاحتراق ⬅ ترفع الكفاءة الحرارية
الكفاءة الحرارية(□□η)	جودة الاحتراق ونسبة الانضغاط	تحدد كمية الطاقة المفيدة الناتجة
الكفاءة الميكانيكية(□η)	الفواقد الميكانيكية والاحتكاك	تحدد ما يصل من الطاقة إلى عمود المرفق

الخلاصة:

✓زيادة الكفاءة الحجمية ⇒ يدخل هواء أكثر ⇒ احتراق أفضل ⇒ ترتفع الكفاءة الحرارية

✓زيادة الكفاءة الحرارية ⇒ تنتج طاقة أكثر من نفس كمية الوقود ⇒ ترتفع الكفاءة الميكانيكية (لأن نسبة الفواقد تقل)

✓زيادة الكفاءة الميكانيكية ⇒ تتحسن القدرة الخارجة (Brake Power) وتقل الفواقد الداخلي

سادساً: تحسين كفاءة المحرك(Improving Engine Efficiency)

- استخدام **نظام حقن مباشر للوقود (GDI)** لزيادة دقة الخليط.
- استخدام **توربو شاحن** لزيادة كثافة الهواء الداخل.
- تحسين **تصميم الصمامات ومجرى السحب والعادم** لزيادة الكفاءة الحجمية.
- تقليل الاحتكاك الداخلي باستخدام زيوت عالية الجودة.

H.W (Homework):

1. Explain the difference between **mechanical efficiency** and **thermal efficiency** in engines.
2. Calculate the power of an engine producing **180 N·m** torque at **3500 rpm**.
3. Describe three factors that can improve the volumetric efficiency of an engine.

المحاضرة السابعة

الفصل السابع

(تشخيص الأعطال وإصلاحها) Diagnostics and Troubleshooting :

تشخيص الأعطال (Diagnostics)هو العملية التي يتم من خلالها تحديد السبب الحقيقي للمشكلة في نظام المحرك (Engine System)، أما إصلاح الأعطال (Troubleshooting)فهو الخطوات العملية لإصلاح أو تصحيح هذا الخلل بعد تحديده يُعد نظام التشخيص من أهم عناصر الصيانة الحديثة، خصوصًا مع وجود أنظمة إلكترونية مثل ECU (Electronic Control Unit)وأجهزة الاستشعار (Sensors)في السيارات الحديثة.

ثانياً: أهمية التشخيص(Importance of Diagnostics)

١. تحديد مصدر العطل بدقة لتقليل الوقت والجهد في الإصلاح.
٢. منع الأعطال المتكررة عبر معرفة السبب الجذري.
٣. تحسين أداء المحرك.(Engine Performance)
٤. توفير الوقود (Fuel Economy) وتقليل الانبعاثات .(Emission Reduction)
٥. خفض تكاليف الصيانة.(Maintenance Costs)

ثالثاً: أنواع الأعطال في المحركات(Types of Engine Faults)

١. أعطال ميكانيكية:(Mechanical Faults)
مثل كسر في عمود المرفق (Crankshaft)أو تلف الصمامات (Valves)أو تآكل المكابس (Pistons).
٢. أعطال كهربائية:(Electrical Faults)
مثل تلف ملفات الإشعال (Ignition Coil Failure)أو ضعف البطارية (Battery Fault)أو تلف في الحساسات .(Sensor Malfunction)
٣. أعطال إلكترونية:(Electronic Faults)
مثل خلل في وحدة التحكم الإلكترونية (ECU Error)أو انقطاع في الإشارات بين الحساسات ووحدة التحكم.
٤. أعطال في نظام الوقود :(Fuel System Faults)
مثل انسداد البخاخات (Injector Blockage)أو ضعف ضغط الوقود (Low Fuel Pressure)

رابعاً: أدوات التشخيص(Diagnostic Tools)

١. جهاز فحص الأعطال:(OBD Scanner – On-Board Diagnostics) يُستخدم لقراءة رموز الأعطال (DTC – Diagnostic Trouble Codes) المخزنة في وحدة التحكم.

٢. جهاز قياس الجهد والتيار:(Multimeter) لقياس الجهد الكهربائي والمقاومة في الدوائر.

٣. جهاز قياس الضغط:(Compression Tester) لفحص ضغط الأسطوانات وتحديد مشاكل الصمامات أو الحلقات .(Valves & Piston Rings)

4. جهاز فحص الوقود:(Fuel Pressure Gauge) لقياس ضغط مضخة الوقود (Fuel Pump Pressure)

خامساً: خطوات عملية التشخيص(Diagnostic Procedure)

١. جمع المعلومات:(Information Gathering)
استمع إلى ملاحظات السائق وراقب الأعراض الظاهرة مثل: اهتزاز المحرك أو ضعف التسارع.

٢. الفحص البصري:(Visual Inspection) التحقق من التوصيلات والأسلاك والأنابيب والفلترات.

٣. استخدام جهاز الفحص الإلكتروني:(Use of Diagnostic Scanner) قراءة رموز الأعطال وتحليلها.

٤. إجراء الفحوص اليدوية:(Manual Testing) مثل اختبار الضغط أو قياس الإشعال (Ignition Test).

٥. تحديد العطل بدقة:(Fault Identification) عزل السبب المحتمل للمشكلة.

٦. تنفيذ الإصلاح:(Repair) تغيير القطعة التالفة أو إعادة ضبط النظام.

٧. إعادة الفحص:(Re-Testing) التأكد من اختفاء العطل بعد الإصلاح.

سادساً: أمثلة على رموز الأعطال(DTC Examples)

رمز العطل(Code)	وصف العطل(Description)
P0100	MAF Sensor Malfunction
P0300	Random Cylinder Misfire
P0171	Lean Fuel Mixture (Air/Fuel Ratio too lean)
P0420	Catalytic Converter Efficiency Below Threshold
P0500	Vehicle Speed Sensor Fault

سابعاً: العلاقة بين التشخيص والكفاءة(Diagnostics and Efficiency)

التشخيص الصحيح يساهم في:

- رفع الكفاءة الحرارية .(Thermal Efficiency)
- تقليل استهلاك الوقود .(Fuel Consumption)
- تحسين الكفاءة الميكانيكية (Mechanical Efficiency)عبر تقليل الجهد على أجزاء المحرك.

المحاضرة الثامنة

الفصل الثامن

Engine Modifications for Performance :(تعديلات المحرك لتحسين الأداء)

أولاً: المقدمة

تُعدّ تعديلات المحرك (Engine Modifications) واحدة من أهم الطرق لزيادة أداء المركبة (Vehicle Performance)، سواء من حيث القدرة (Power)أو العزم (Torque)أو الكفاءة (Efficiency). تهدف هذه التعديلات إلى تحسين عملية الاحتراق(Combustion Process) ، وزيادة تدفق الهواء والوقود(Air-Fuel Flow)، وتقليل الفواقد الميكانيكية (Mechanical Losses).

ثانياً: أهداف تعديلات المحرك(Objectives of Engine Modifications)

١. زيادة القدرة الخارجة.(Increase Brake Power)

٢. تحسين العزم عند السرعات المنخفضة والعالية.(Improve Torque at Different Speeds)

٣. تقليل استهلاك الوقود .(Reduce Fuel Consumption)

٤. تحسين كفاءة الاحتراق .(Enhance Combustion Efficiency)

٥. خفض الانبعاثات الضارة .(Reduce Harmful Emissions)

٦. رفع كفاءة التبريد والتشحيم .(Cooling and Lubrication Efficiency)

ثالثاً: أنواع التعديلات(Types of Engine Modifications)

١ .تعديلات نظام الهواء(Air Intake System Modifications)

- تركيب مرشحات هواء عالية التدفق.(High-Flow Air Filters)
- تحسين مجاري السحب .(Intake Manifold Optimization)
- إضافة توربو تشارجر (Turbocharger) أو سوبر تشارجر (Supercharger) لزيادة ضغط الهواء الداخل للمحرك.

. زيادة كمية الهواء المحترق ⇒ احتراق أفضل ⇒ قدرة أعلى**:Effect**

٢ .تعديلات نظام الوقود(Fuel System Modifications)

- تركيب Fuel Injectorsأكبر.
- استخدام .High-Pressure Fuel Pump
- برمجة وحدة التحكم الإلكترونية (ECU Reprogramming / Remapping)لضبط نسبة الهواء إلى الوقود .(Air-Fuel Ratio)

Effect: تحسين دقة ضخ الوقود ورفع الأداء العام.

٣. تعديلات نظام العادم(Exhaust System Modifications)

- استخدام أنابيب عادم واسعة القطر (Wide Diameter Exhaust Pipes).
- تركيب Performance Catalytic Converter أو Free-Flow Muffler.

Effect: تقليل مقاومة خروج الغازات ⇒ تدفق هواء أفضل ⇒ زيادة القدرة.

٤. تعديلات نظام الإشعال(Ignition System Modifications)

- استخدام High-Performance Spark Plugs.
- تحسين توقيت الإشعال (Ignition Timing Adjustment).

Effect: احتراق أكثر كفاءة وزيادة القدرة الناتجة.

٥. تعديلات ميكانيكية داخلية(Internal Engine Modifications)

- استبدال المكابس بمكابس خفيفة الوزن (Lightweight Pistons).
- استخدام أعمدة كامات معدّلة (High-Lift Camshaft).
- زيادة نسبة الانضغاط (Compression Ratio).

Effect: زيادة كفاءة الاحتراق وتحسين استجابة المحرك.

٦. تعديلات أنظمة التبريد والتشحيم(Cooling and Lubrication Modifications)

- تركيب High-Flow Radiator أو Electric Water Pump.
- استخدام زيوت عالية الأداء (Synthetic Performance Oils).

Effect: الحفاظ على درجات حرارة التشغيل المثالية.

رابعاً: معادلات الأداء المهمة(Performance Equations)

1. **Power Equation:**

$$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

حيث:

- **P: القدرة الخارجة (Power) بالواط (W).**
- **T: العزم (Torque) بالنيوتن. متر (N·m).**

- **N: سرعة دوران المحرك (Engine Speed) بعدد الدورات بالدقيقة (rpm).**

٢. Brake Mean Effective Pressure (BMEP):

$$BMEP=\frac{2\pi T}{V_d}$$

حيث V_d هو الحجم المزاح.(Displacement Volume)

Example 1:
An engine produces a torque of 280 N·m at 4500 rpm after turbocharging. Calculate the new power output.

Solution: $P=\frac{2\pi NT}{60}$

$$P=\frac{2\pi 4500*280}{60}$$

$$P=131.89KW$$

◆خامساً: التحذيرات عند تعديل المحرك(Modification Precautions)

١. تأكد من تحمل نظام النقل (Transmission System) للقدرة الجديدة.

٢. استخدم وقودًا مناسبًا.(Appropriate Fuel Octane Rating)

٣. راقب دائمًا درجة حرارة المحرك.(Engine Temperature)

٤. تأكد من توافق ECU Calibration مع القطع المعدلة.

◆سادساً: التأثير العام للتعديلات(Overall Effects of Modifications)

نوع التعديل	زيادة القدرة (%)	التأثير على استهلاك الوقود
Turbocharging	+30–40%	Slightly higher
ECU Remap	+10–20%	Moderate
Exhaust Upgrade	+5–10%	Minimal
Air Intake Upgrade	+3–5%	Negligible

Example 2: Power Increase with Turbocharging If the engine's original air flow is 200 g/s and a turbocharger increases pressure by a ratio of 1.5:1,
calculate the new air flow rate and estimate the percentage power increase (assuming power ∝ air mass flow).

Solution:

Q2=Q1×Pressure Ratio

Q2=200×1.5=300g/s

Since power is proportional to air flow:

Power Increase=$\frac{300-200}{200} \times 100\%$

result: Power increases by **50%** after turbocharging.

H.W

Q1:
If an engine before modification produces 120 N·m at 4000 rpm, and after modification produces 150 N·m at 4200 rpm, calculate the percentage increase in power.

Q2:
Explain how Turbocharging and ECU Remapping together can improve Thermal Efficiency and Engine Response

الفصل التاسع

المحاضرة التاسعة والعاشرة

Vintage Engine Maintenance & Basics

◆أولاً: المقدمة(Introduction)

تشمل هذه المحاضرة محورين رئيسيين:

١. – Engine Modifications for Performanceأي التعديلات التي تُجرى على المحرك الحديث لزيادة قدرته وكفاءته.

٢. – Vintage Engine Maintenance & Basicsأي صيانة المحركات القديمة (الكلاسيكية) وفهم مكوناتها الأساسية.

الهدف من الدمج بين الموضوعين هو فهم الفرق في التصميم والتقنية بين المحركات القديمة والحديثة، وكيف يمكن تحسين الأداء مع الحفاظ على الموثوقية.(Reliability)

◆ثانياً: تعديلات المحرك لتحسين الأداء(Engine Modifications for Performance)

A. أهداف التعديلات:(Objectives of Modification)

- زيادة القدرة الحصانية.(Horsepower)
- تحسين العزم.(Torque)
- رفع كفاءة الاحتراق.(Combustion Efficiency)
- تقليل الفواقد الميكانيكية.(Mechanical Losses)
- تحقيق استجابة أسرع للمحرك(Engine Response)

B. أنواع التعديلات:(Types of Modifications)

النوع	التعديل	الفائدة
نظام السحب	High-Flow Air Filter, Turbocharger, Supercharger	زيادة تدفق الهواء وتحسين الاحتراق
نظام الوقود	High-Pressure Fuel Pump, Performance Injectors, ECU Remap	دقة حقن الوقود وتحكم أفضل
نظام العادم	Free-Flow Exhaust System	تقليل مقاومة الغازات وزيادة القوة
نظام الإشعال	High-Performance Spark Plugs, Ignition Timing Control	احتراق أسرع وأكثر كفاءة

النوع	التعديل	الفائدة
النظام الميكانيكي	Lightweight Pistons, High-Lift Camshaft	تحسين العزم عند السرعات العالية

◆**ثالثاً: الفروقات بين المحركات الحديثة والكلاسيكية(Modern vs. Vintage Engines)**

المقارنة	المحرك الكلاسيكي(Vintage)	المحرك الحديث(Modern)
نظام الوقود	**Carburetor**	**Electronic Fuel Injection**
الإشعال	**Mechanical Distributor**	**ECU Controlled Ignition**
الصيانة	**يدوية**	**إلكترونية باستخدامOBD**
الكفاءة	**منخفضة**	**مرتفعة**
الانبعاثات	**عالية**	**منخفضة**

➢ Overhauling and Rebuilding Engines

(إعادة بناء وصيانة المحركات)

المقدمة(Introduction)

تُعتبر عملية من أهم العمليات في مجال **صيانة المحركات(Engine Maintenance)** ، وتهدف إلى **إعادة المحرك إلى حالته الأصلية أو تحسين أدائه** بعد فترة تشغيل طويلة أو حدوث تلف ميكانيكي.تتضمن هذه العملية **تفكيك المحرك بالكامل(Engine Disassembly)** ، **فحص الأجزاء(Inspection)** ، **إصلاحها أو استبدالها(Repair/Replacement)** ، ثم **إعادة تجميعها (Reassembly)** مع اختبار الأداء **(Performance Testing.**

١) : أسباب الحاجة إلى إعادة البناء(Reasons for Engine Overhaul)

١. استهلاك الزيت الزائد(Excessive Oil Consumption)
٢. انخفاض ضغط الانضغاط(Low Compression Pressure)
٣. تسرب الزيت أو الوقود(Oil/Fuel Leakage)
٤. دخان العادم الكثيف(Excessive Exhaust Smoke)
٥. ضوضاء المحرك(Knocking or Tapping Noise)
٦. ضعف الأداء العام(Reduced Power and Efficiency)

2): مراحل عملية إعادة بناء المحرك(Steps of Engine Overhaul Process)

I. تفكيك المحرك:(Engine Disassembly)

- إزالة رأس الأسطوانة.(Cylinder Head)
- إخراج المكابس (Pistons) والأذرع.(Connecting Rods)
- فصل عمود المرفق (Crankshaft) والكامات.(Camshaft)
- تنظيف الأجزاء من الأوساخ والزيوت.

II . الفحص والقياس:(Inspection and Measurement)

- فحص الأسطوانات (Cylinders) باستخدام .Bore Gauge
- قياس تآكل المكابس.(Piston Wear)
- التأكد من استقامة عمود المرفق.(Crankshaft Alignment)
- اختبار ضغط الصمامات.(Valve Leakage Test)

III . الإصلاح والاستبدال:(Repair and Replacement)

- إعادة توسيع الأسطوانة (Cylinder Boring) أو تبطينها.(Re-Sleeving)
- استبدال حلقات المكبس.(Piston Rings)
- طحن أو استبدال عمود المرفق.(Crankshaft Grinding)
- استبدال الصمامات (Valves) والجلب (Valve Guides) إذا لزم الأمر.

IV . إعادة التجميع:(Reassembly)

- تركيب **العمود المرفقي (Crankshaft)** و**المحامل (Bearings)** بعزم محدد.
- إدخال **المكابس (Pistons)** باستخدام أداة ضغط الحلقات.
- تثبيت **رأس الأسطوانة (Cylinder Head)** وضبط **توقيت الصمامات**.**(Valve Timing)**

V . الاختبار والتشغيل:(Testing and Run-In)

- اختبار **ضغط الانضغاط**.**(Compression Test)**
- تشغيل المحرك تدريجيًا لمراقبة **درجة الحرارة (Temperature)** و**ضغط الزيت**.**(Oil Pressure)**
- التأكد من عدم وجود تسرب أو أصوات غير طبيعية.

٣) والأجهزة المستخدمة(Tools and Equipment Used)

الأداة	الاسم بالإنجليزية	الاستخدام
مفك العزم	Torque Wrench	لشد البراغي بعزم محدد
مايكرومتر	Micrometer	لقياس تآكل الأجزاء بدقة
جهاز فحص الضغط	Compression Tester	لفحص ضغط الأسطوانات
رافعة المحرك	Engine Hoist	لرفع المحرك وإخراجه
جهاز تنظيف الأجزاء	Parts Washer	لتنظيف القطع من الزيت والأوساخ

٤): معادلة ضغط الانضغاط(Compression Ratio Formula)

$$CR=\frac{Vtotal}{Vclearance}$$

$$CR=\frac{V_c+V_d}{Vc}$$

حيث:

- CR: نسبة الانضغاط (Compression Ratio)
- V_d: الحجم المزاح (Displacement Volume)
- V_c : حجم غرفة الاحتراق (Clearance Volume)
- **Ex: An engine has a displacement volume V_d=400 cm^3 and a clearance volume V_c=50 cm^3 Calculate the compression ratio.**
- **Solution:**

$$CR=\frac{V_c+V_d}{Vc}$$

$$CR=\frac{50+400}{50}=9$$

Result: Compression Ratio = 9:1

5) الفروقات بين Overhaul وRebuild

المقارنة	Overhaul	Rebuild
التعريف	صيانة شاملة دون تغيير كل الأجزاء	استبدال شامل للأجزاء الداخلية التالفة
الهدف	تحسين الأداء واستعادة الضغط	إعادة المحرك إلى الحالة الأصلية
التكلفة	أقل	أعلى
الزمن	أقصر	أطول

6) أهم مؤشرات نجاح عملية إعادة البناء(Success Indicators)

١. ضغط متوازن بين الأسطوانات.

٢. ثبات درجة حرارة التشغيل.

٣. انخفاض استهلاك الزيت والوقود.

٤. أداء سلس بدون اهتزاز أو صوت.

7) الأخطاء الشائعة(Common Mistakes in Rebuilding)

١. عدم استخدام Torque Wrenchفي عملية الشد.

٢. إهمال تنظيف قنوات الزيت.(Oil Passages)

٣. تركيب حلقات المكبس (Piston Rings) في اتجاه خاطئ.

٤. استخدام زيت غير مناسب (Incorrect Lubricant) في التشغيل الأولي.

H.W

Q1: Explain the main differences between Carburetor System and Fuel Injection System in terms of performance and fuel efficiency.

Q2: If a modern engine produces 180 kW while consuming 0.0035 kg/s of fuel with a calorific value of 43,000 kJ/kg, calculate its thermal efficiency.

Q3: If a cylinder has a displacement volume of 350 cm^3 and a clearance volume of 35 cm^3, calculate its compression ratio.

Q4: Explain the difference between Overhauling and Rebuilding in terms of process and cost.

الفصل العاشر

المحاضرة الحادي عشر والثاني عشر

⚙ Advanced Engine Tuning and Performance Tuning

(الضبط المتقدم وأداء المحركات)

اولاً: المقدمة(Introduction)

تشير إلى مجموعة من التعديلات الميكانيكية والإلكترونية التي تهدف إلى **تحسين أداء المحرك (Enhance Engine Performance)**من حيث **القوة (Power)** و**العزم (Torque)** و**كفاءة استهلاك الوقود.(Fuel Efficiency)**

Performance Tuning الضبط للأداء العالي (فهو المستوى المتقدم من عملية الضبط، ويُستخدم في **سيارات السباق (Racing Cars)** أو **السيارات المعدلة (Modified Cars)** لتحقيق أداء أقصى دون الإضرار بالمكونات.

ثانياً: أهداف الضبط المتقدم(Objectives of Advanced Tuning)

١. زيادة قوة المحرك.(Engine Power Output)
٢. تحسين الاستجابة السريعة للدواسة.(Throttle Response)
٣. تقليل استهلاك الوقود.(Fuel Consumption)
٤. تقليل الاهتزازات والانبعاثات.(Vibrations & Emissions)
٥. ضبط نظام الإشعال والحقن (Ignition and Injection Systems) بشكل مثالي.

ثالثاً: مكونات عملية الضبط(Key Areas of Engine Tuning)

1.ضبط نظام الوقود(Fuel System Tuning)

- يتم تعديل خريطة حقن الوقود (Fuel Map) في وحدة التحكم الإلكترونية (ECU - Engine Control Unit).
- زيادة أو تقليل كمية الوقود حسب نسبة الهواء/الوقود (Air-Fuel Ratio) المثالية.
- النسبة القياسية لمحركات البنزين هي .14.7:1 (Stoichiometric Ratio)

2.ضبط نظام الإشعال(Ignition System Tuning)

- ضبط توقيت الشرارة (Ignition Timing) لتحقيق احتراق مثالي.(Optimal Combustion)
- يتم تقديم الشرارة قليلاً في المحركات عالية السرعة لزيادة القدرة.

3.ضبط تدفق الهواء(Air Intake Tuning)

- استبدال فلتر الهواء بفلتر عالي التدفق .(High-Flow Air Filter)
- تعديل) Manifold Designتصميم مجمع الهواء (لتحسين تدفق الهواء للأسطوانات).

4.ضبط نظام العادم(Exhaust System Tuning)

- تركيب أنبوب عادم واسع **(Free-Flow Exhaust)**لتقليل مقاومة التدفق .**(Back Pressure)**
- استخدام) **Header Designتصميم رؤوس العادم** (لتحسين تفريغ الغازات.

5.إعادة برمجة وحدة التحكم الإلكترونية(ECU Remapping)

- تعديل **خرائط الوقود والإشعال (Fuel & Spark Maps)** عبر برامج مثل:
- **ECU Flash, HP Tuners, Cobb Accessor**
- يمكن تعديل السرعة القصوى **(Speed Limiter)**أو الحد من العزم .**(Torque Limiter)**

رابعاً: الأساليب المتقدمة في ضبط الأداء(Advanced Performance Techniques)

الأسلوب	المصطلح بالإنجليزية	الفائدة
زيادة نسبة الانضغاط	Compression Ratio Increase	تحسين الكفاءة الحرارية
شحن توربيني	Turbocharging	زيادة القوة بنسبة تصل إلى ٥٠%
شحن فائق	Supercharging	استجابة أسرع عند التسارع
حقن أكسيد النيتروز	Nitrous Oxide Injection	زيادة مؤقتة في القدرة الحصانية
تبريد داخلي (Intercooler)	Intercooling	خفض درجة حرارة الهواء الداخل للمحرك

خامساً: معادلات أساسية في الأداء(Key Performance Equations)

1. Horsepower Formula:

$$HP=\frac{T*rpm}{5252}$$

حيث:

- HP: القدرة الحصانية (Horsepower)

- T: العزم (Torque) بوحدة (lb-ft)
- rpm: عدد دورات المحرك في الدقيقة

3. Air-Fuel Ratio Efficiency:

$$\eta = \frac{\text{Actual AFR}}{\text{Stoichiometric}}$$

إذا كانت النسبة أقل من (1) ← خليط غني(Rich Mixture)
إذا كانت النسبة أكبر من (1) ← خليط فقير(Lean Mixture)

Ex: If a car engine produces 300 lb-ft of torque at 5000 RPM, calculate the horsepower.

Solution:

$$HP = \frac{T * rpm}{5252} \quad HP = \frac{300 * 5000}{5252} = 285.7$$

Result: Horsepower = 285.7 HP

سادساً: تقنيات القياس والاختبار(Testing and Measurement Tools)

الأداة	المصطلح بالإنجليزية	الاستخدام
Dynamometer	جهاز قياس القوة	لقياس القدرة والعزم الفعلي للمحرك
OBD-II Scanner	جهاز الفحص الإلكتروني	قراءة بيانات ECU وتحليل الأخطاء
AFR Meter	مقياس نسبة الهواء/الوقود	لضبط الخليط بدقة
Knock Sensor	حساس الطَرق	لمنع الاحتراق المبكر(Pre-ignition)

سابعاً: خطوات عملية Performance Tuning العملية(Practical Steps)

١. فحص المحرك قبل التعديل.(Pre-Tuning Inspection)
٢. قراءة بيانات الأداء الأساسية.(Baseline Dyno Run)

٣. تعديل خريطة الوقود والإشعال.(Fuel & Spark Maps Adjustment)

٤. اختبار بعد الضبط.(Post-Tuning Dyno Run)

٥. تحليل النتائج ومراقبة الاستقرار الحراري.(Thermal Stability)

ثامناً: الأخطاء الشائعة في عملية الضبط(Common Mistakes in Tuning)

١. ضبط خليط الوقود الغني جدًا ← يؤدي إلى استهلاك وقود مرتفع.

٢. تقديم توقيت الشرارة أكثر من اللازم ← يسبب .Knocking

٣. استخدام برامج تعديل غير معتمدة ← خطر تلف وحدة التحكم الإلكترونية.

٤. إهمال اختبار الأداء بعد الضبط ← قد يؤدي إلى تلف مبكر للمحرك

H.W

1.Explain the difference between **ECU Remapping** and **Chip Tuning**.

2.A car engine produces **250 lb-ft** at **6000 RPM**. Calculate the horsepower.

3.What is the ideal **Air-Fuel Ratio** for a gasoline engine, and why is it important

الفصل الحادي عشر

المحاضرة الثالثة عشر والرابعة عشر

⚙ Advanced Engine Tuning and Performance Tuning

(الضبط المتقدم للمحركات وضبط الأداء)

◈ المقدمة(Introduction)

Engine Tuningضبط المحرك (عملية تعديل وضبط الأنظمة المختلفة في المحرك لتحسين أدائه وكفاءته.
أما Performance Tuningالضبط من أجل الأداء العالي (فهو يركز على زيادة القدرة الحصانية (Horsepower)وعزم الدوران (Torque) مع الحفاظ على استقرار التشغيل وكفاءة استهلاك الوقود .
يُستخدم هذا النوع من الضبط في سيارات السباقات (Racing Cars) والسيارات المعدلة (Modified Cars)لتحقيق أعلى أداء ممكن.

◆ أهداف الضبط المتقدم(Objectives of Advanced Engine Tuning)

١. زيادة القوة الحصانية.(Engine Power Output)
٢. تحسين الاستجابة السريعة للمحرك.(Throttle Response)
٣. تقليل استهلاك الوقود.(Fuel Consumption)
٤. تحسين الاحتراق الداخلي.(Combustion Efficiency)
٥. تقليل الانبعاثات (Emissions) ورفع كفاءة التشغيل.

◆ المجالات الأساسية في ضبط المحركات(Main Areas of Engine Tuning)

1.ضبط نظام الوقود(Fuel System Tuning)

- يعتمد على تعديل خريطة الوقود (Fuel Map) داخل وحدة التحكم الإلكترونية (ECU - Engine Control Unit).
- الهدف هو تحقيق نسبة مثالية من الهواء إلى الوقود (Air-Fuel Ratio) وهي:

$$AFR=14.7:1$$

(أي ١٤,٧ جزء هواء لكل جزء وقود في محركات البنزين)

2.ضبط نظام الإشعال(Ignition Timing Adjustment)

- يتم ضبط توقيت الشرارة (Spark Timing) بحيث تحدث قبل النقطة الميتة العليا بقليل للحصول على احتراق مثالي.
- التأخير أو التقديم الزائد يؤدي إلى (Knockingالاحتراق المبكر (أو ضعف القدرة.

3.ضبط نظام دخول الهواء(Air Intake System Tuning)

- تركيب فلتر هواء عالي التدفق.(High-Flow Air Filter)
- تعديل (Intake Manifoldمجمع السحب (لتحسين تدفق الهواء للأسطوانات)

4.ضبط نظام العادم(Exhaust System Tuning)

- استخدام أنظمة عادم مفتوحة (Free-Flow Exhaust System) لتقليل المقاومة الخلفية (Back Pressure).
- تركيب (Headersرؤوس عادم محسّنة (لتحسين عملية إخراج الغازات.

5.إعادة برمجة وحدة التحكم الإلكترونية(ECU Remapping)

- يتم استخدام برامج متخصصة لتعديل خرائط الوقود والإشعال.(Fuel & Ignition Maps)
- أمثلة على برامج الضبط:
  - HP Tuners
  - ECU Flash
  - Cobb Access port

◆أنواع ضبط المحركات(Types of Engine Tuning)

النوع	المصطلح بالإنجليزية	الوصف
الضبط الميكانيكي	Mechanical Tuning	يشمل تعديل المكونات المادية مثل المكابس، عمود الكامات، العادم.
الضبط الإلكتروني	Electronic Tuning	تعديل إعدادات وحدة التحكم ECU لتحسين الأداء.
الضبط المختلط	Hybrid Tuning	يجمع بين التعديلات الميكانيكية والإلكترونية للحصول على أداء متكامل.

◆ خطوات عملية الضبط المتقدم(Advanced Tuning Process)

١. **فحص مبدئي للمحرك(Pre-Tuning Inspection)**
–التأكد من عدم وجود أعطال ميكانيكية.
٢. **قراءة بيانات الأداء الأساسية(Baseline Dyno Run)**
–قياس القدرة والعزم قبل التعديل.
٣. **تعديل الخرائط الإلكترونية(ECU Maps Adjustment)**
–ضبط نسب الوقود وتوقيت الشرارة.
٤. **إعادة الفحص بعد الضبط(Post-Tuning Test)**
–التأكد من ثبات الأداء ودرجات الحرارة.

◆الأخطاء الشائعة في عملية الضبط(Common Tuning Mistakes)

١. تقديم توقيت الشرارة بشكل مفرط ← يسبب **Knocking**.
٢. ضبط خليط الوقود الغني جدًا ← استهلاك وقود مرتفع.
٣. تجاهل فحص نظام التبريد ← ارتفاع حرارة المحرك.
٤. استخدام برامج ضبط غير موثوقة ← تلف وحدة التحكم.ECU

Emission Control and Environmental Considerations

❖ (التحكم في الانبعاثات والاعتبارات البيئية)

يعد التحكم في انبعاثات محركات الاحتراق الداخلي (Emission Control)أحد أهم التحديات في عالم هندسة السيارات اليوم، حيث تسعى الشركات إلى تقليل الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود لحماية البيئة وتحسين جودة الهواء.

تشمل هذه الانبعاثات ملوثات مثل:

- أول أكسيد الكربون(CO – Carbon Monoxide)
- أكاسيد النيتروجين(NO_x – Nitrogen Oxides)
- الهيدروكربونات غير المحترقة(HC – Unburned Hydrocarbons)
- جسيمات دقيقة(PM – Particulate Matter)

◆أسباب تكون الانبعاثات(Causes of Emissions)

١. الاحتراق غير الكامل ← (Incomplete Combustion) ينتج عنه HC و.CO
٢. درجات حرارة عالية جدًا داخل الأسطوانة ← (High Combustion Temperature) تنتج NO_x.
٣. نقص الأوكسجين أو زيادة الوقود ← (Rich Mixture) يؤدي إلى انبعاث CO بكميات كبيرة.
٤. سوء ضبط الإشعال أو الحقن ← (Ignition or Injection Malfunction) يزيد HC والانبعاثات الضارة.

◆أنظمة التحكم في الانبعاثات(Emission Control Systems)

1. Catalytic Converter (المحول الحفاز)

- وظيفة: تحويل الغازات السامة إلى غازات غير ضارة.
- التفاعلات الأساسية داخل المحول:
  - $2CO_2 \rightarrow 2CO+O_2$
  - $O_2+N_2 \rightarrow 2NO$
  - $H_2O+2CO \rightarrow O_2+C_yH_x$

◆الأنواع:

- **Two-way Catalyst:** يستخدم في محركات البنزين القديمة.
- **Three-way Catalyst:** الأكثر استخداماً حالياً ويعمل على تقليل NO_x و CO و HC معاً.

2. **Exhaust Gas Re-circulation (EGR – نظام تدوير غازات العادم)**

يعيد جزءًا من غازات العادم إلى مجرى السحب لتقليل درجة حرارة الاحتراق وبالتالي تقليل NO_x.

$$\textbf{EGR Rate} = \frac{\text{Exhaust Gas Recirculated}}{\text{Total Intake Charge}} * 100\%$$

3. **Positive Crankcase Ventilation (PCV – نظام تهوية علبة المرفق)**

يمنع تسرب الغازات الناتجة من الاحتراق إلى الجو بإعادتها إلى مجرى السحب.

4. **Evaporative Emission Control System (EVAP)**

يمنع تبخر الوقود من خزان الوقود **(Fuel Tank)** باستخدام **Charcoal Canister** لامتصاص الأبخرة.

5. **Diesel Particulate Filter (DPF – مرشح الجسيمات لمحركات الديزل)**

- يحجز الجسيمات الدقيقة **(Soot Particles)** الناتجة عن احتراق وقود الديزل
- دوريا عبر يتم تنظيفه **Regeneration Process** عند ارتفاع درجة الحرارة

◆ **العلاقة بين أداء المحرك والانبعاثات (Performance vs Emissions)**

كلما زادت كفاءة الاحتراق **(Combustion Efficiency)**، قلت الانبعاثات الناتجة.
لكن في بعض الحالات، زيادة القدرة الحصانية تتسبب في ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي زيادة NO_x.
لذلك يتم تحقيق توازن بين الأداء والبيئة عبر أنظمة ذكية مثل:

- **Variable Valve Timing (توقيت الصمامات المتغير)**
- **Closed-loop Control (التحكم المغلق في الحقن)**
- **Oxygen Sensor Feedback (تغذية راجعة من حساس الأوكسجين)**

◆ **الاعتبارات البيئية (Environmental Considerations)**

١. **استخدام الوقود النظيف (Clean Fuels)** مثل الغاز الطبيعي (CNG) أو الوقود الحيوي (Biofuels).

٢. **إعادة تدوير الزيت المستخدم (Oil Recycling)** لتقليل النفايات.

٣. **التصميم الأخضر (Green Design)** لتقليل الوزن والانبعاثات.

٤. **تحسين كفاءة الاحتراق.(Improved Combustion Efficiency)**

٥. **الفحص الدوري للمركبات (Periodic Vehicle Inspection)** لضمان الأداء البيئي.

◆**التقنيات المستقبلية(Future Technologies)**

التقنية	المصطلح بالإنجليزية	الهدف
Electric Vehicles	السيارات الكهربائية	إلغاء الانبعاثات تمامًا.
Hybrid Systems	الأنظمة الهجينة	تقليل استهلاك الوقود والانبعاثات.
Hydrogen Fuel Cells	خلايا وقود الهيدروجين	انبعاث بخار ماء فقط.
Advanced Catalysts	المحفزات المتقدمة	تحسين تحويل الملوثات.

H.W

Q1: Explain the function of the **Catalytic Converter** and list its main chemical reactions.

Q2: How does the **EGR System** help in reducing NO_x emissions

الفصل الثاني عشر

المحاضرة الخامسة عشر

: Carburetors and Fuel Systems in Vintage Engines

المقدمة

Carburetorهو العنصر الأساسي المسؤول عن خلط الوقود بالهواء (Air-Fuel Mixing) قبل دخوله إلى الأسطوانات. يعمل Carburetor وفق مبدأ فرق الضغط (Pressure Difference) لسحب الوقود من الخزان وخلطه بالهواء لتكوين خليط مناسب للاحتراق داخل المحرك.

⚙المفاهيم الأساسية(Key Concepts)

المصطلح	التوضيح
Carburetor	جهاز يخلط الوقود مع الهواء بنسبة محددة قبل دخوله غرفة الاحتراق.
Venturi Effect	ظاهرة انخفاض الضغط في منطقة ضيقة مما يساعد في سحب الوقود من الفوهة.
Air-Fuel Ratio (A/F Ratio)	النسبة المثالية عادةً ١٤,٧:١ للبنزين.
Throttle Valve	يتحكم في كمية الخليط الداخل إلى المحرك وبالتالي في السرعة والعزم.
Float Chamber	تحافظ على مستوى ثابت من الوقود داخل المكربن.
Jet	تنظم كمية الوقود المسحوبة إلى مجرى الهواء.

مبدأ عمل (Working Principle of Carburetor)

١. يدخل الهواء عبر مرشح الهواء (Air Filter) إلى المكربن.

٢. يمر الهواء في أنبوب فنتورى (Venturi Tube) حيث ينخفض الضغط.

٣. يؤدي الانخفاض في الضغط إلى سحب الوقود من الفوهة (Jet) من خلال غرفة العوامة (Float Chamber).

٤. يمتزج الوقود بالهواء لتكوين خليط هواء-وقود (Air-Fuel Mixture) مناسب للاحتراق.

٥. يتم التحكم بكمية الخليط من خلال صمام الخانق (Throttle Valve).

(Types of Carburetors)

النوع	الوصف
Updraft Carburetor	يتدفق الهواء من الأسفل إلى الأعلى. يستخدم في المحركات القديمة جدًا.
Downdraft Carburetor	يتدفق الهواء من الأعلى إلى الأسفل. أكثر كفاءة في السيارات الحديثة نسبيًا.
Horizontal or Side Draft Carburetor	يتدفق الهواء أفقياً. يستخدم في السيارات الرياضية القديمة.

أنظمة الوقود في المحركات الكلاسيكية(Fuel Systems in Vintage Engines) تشمل المكونات:

- Fuel Tank (خزان الوقود)
- Fuel Pump (مضخة الوقود)
- Fuel Lines (أنابيب الوقود)
- Carburetor (المكربن)
- Air Filter (مرشح الهواء)

يعمل النظام بشكل ميكانيكي بالكامل بدون أي تحكم إلكتروني كما في أنظمة الحقن الحديثة.(Fuel Injection Systems)

المميزات:(Advantages of Carburetors)

- تصميم بسيط وسهل الصيانة.
- لا يحتاج إلى إلكترونيات للتحكم.
- تكلفة منخفضة.

العيوب:(Disadvantages of Carburetors)

- دقة منخفضة في التحكم بنسبة الخليط.
- غير فعال في درجات الحرارة المختلفة.
- انبعاثات عالية مقارنة بأنظمة الحقن الحديثة.

H.W

Explain how the Venturi effect helps in fuel delivery in a carburetor.

References

1. 1. Crouse, W.H., and Anglin, D.L., *Automotive Mechanics*, McGraw-Hill.
2. Heisler, H., *Advanced Engine Technology*, SAE International.
3. Bosch Automotive Handbook, 10th Edition, Robert Bosch GmbH.
4. Stone, R., *Introduction to Internal Combustion Engines*, Palgrave Macmillan.
5. **Heywood, J.B.** – *Internal Combustion Engine Fundamentals*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2018.
6. **Erjavec, J.** – *Automotive Technology: A Systems Approach*, Cengage Learning, 2020.
7. **SAE International Paper 2021-01-0590** – *Advancements in Emission Reduction Technologies*.
8. **EPA Emission Standards (USA)** – www.epa.gov
9. **European Commission (EURO 6/7 Standards)** – ec.europa.eu/environment
10. **Bosch Automotive Handbook**, 10th Edition, 2018.
11. **Erjavec, J.** – *Automotive Technology: A Systems Approach*, Cengage Learning, 2020.
12. **Cobb Tuning Manual**, Cobb Inc., 2022.
13. **SAE Technical Paper 2020-01-0562** – *Advanced Engine Performance Tuning Methods*.
14. **Hemmings Motor News** – *Performance Tuning for Modern Engines*, 2021.