

# تاريخ الهندسة وتطورها

● مدخل

● الفصل الأول : الهندسة عبّر التاريخ :

- أولا : الهندسة في فَجْر التاريخ .
- ثانيا : الهندسة في بابل .
- ثالثا : الهندسة في مصر القديمة .
- رابعا : الهندسة عند اليونان .
- خامسا : الهندسة عند الرومان .
- سادسا : الهندسة في القرون الوسطى .
- سابعا : الهندسة في عصر النهضة .

● الفصل الثاني : التسلسل الزمني للعلوم والهندسة والتكنولوجيا  
منسوبا إلى تاريخ الأمم :

- أولا : العِدد والمكنات .
- ثانيا : المباني .
- ثالثا : الكبارى ( الجسور )
- رابعا : الهيدروليكا .
- خامسا : الأعمال الصحية .
- سادسا : النقل .
- سابعا : الميتالورجيا .
- ثامنا : القوى .

# مدخل

الحضارة والهندسة .. أو بتعبير أدق .. الهندسة والحضارة شقان يتلازمان منذ البدء .. بغير مفاصلة أو انفصام .

فهما في حياة الإنسان وتاريخه :

عمل .. وتعبير عن عمل .

تفكير .. وصياغة مادية لهذا التفكير .

ثم رغبة في التغلب على مشاق الطبيعة .. تحقيقاً لاستمتاع افضل بالحياة .. وانطلاقاً في تحقيق هذه الرغبة بترك علاماته المتميزة الواضحة على درب الحضارة الطويل .

إن الهندسة كانت .. ولسوف تبقى .. مفتاح الحضارة ومنطلق البدء لكثير من مجالاتها .. ثم هي تتلازم معها خطوة بخطوة .. تبطنان معاً .. وتسرعان معاً .. تستوقف احدهما الأخرى إذا ما انتكست .. كما تستحث إحدهما الأخرى إذا ما شرعت في العدو .

والهندسة هي بنت البشرية البكر .. تزخر بالحيوية والنضارة والخصوبة دائماً .. لم تُنشأ لدى شعب من الشعوب .. كما لم ينفرد عصر بتلك النشأة .. فهي رفيق الحضارة المخلص وصديق عمرها الوفي .. لا يستأثر بمنجزاتها شعب معين أو أمة بعينها .. فحكمة التاريخ تُقرر :

« إن مشعل الحضارة انتقل من بلد إلى بلد .. لكنه في كل بلد كان يحصل على زيت جديد يقوى به ضوءه على امتداد الزمان »

ولسوف يظل تقدم الهندسة مقياس انتصار الإنسان .. ودليل امتيازه .. وبرهان اقتداره في تطويره لما يحيط به من ماديّات الطبيعة واستخدامه لها ..

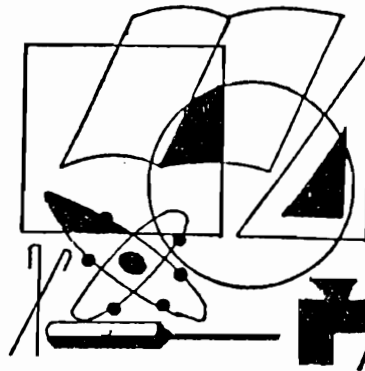
إن الهندسة يمكن لها -و بكفاءة عالية - ان تُساعد في عمل إطار يرتكز عليه تاريخ الجنس البشرى بدلاً من السجل العادى الذى يرتكز عليه ويحفل به من الملوك والعائلات والحروب والمعاهدات ..

وكمثال نذكره .. كان لاختراع الآلة البخارية اثر اكثر عمقاً واعمق تأثيراً - من اى ملك او حروب - في مصير الحضارة وطرائق المعيشة .

وفي هذا المقام يحضرني قول أحد المؤرخين :  
 « في سنة ١٧٧٦ اصدر الأمريكيون إعلان الاستقلال ..  
 وفي نفس العام دارت آلة « وات » البخارية ...  
 وهذا العمل الاخير ( وهو في ميدان الصناعة ) يبرز الحادث الاول.  
 ( وهو في ميدان السياسة ) في انه اثر على حياة عدد اكبر من الناس  
 وبدرجة أعمق » .

إن الشعوب القديمة لعبت دورًا كبيرًا - هو بمثابة حجر الأساس  
 الذي قام عليه بناء الحضارة الشامخ - حين اخذت على عاتقها وضع  
 نماذج لبعض أعمالنا الحديثة .. مثل القنوات وأعمال الري وشبكات  
 المياه والمجارى والمصارف والطرق والانفاق والكبارى ..  
 وهى لم تقم بوضع هذه النماذج كى تحفظها فى متاحف التاريخ ..  
 وإنما قامت بوضعها ترجمة لحاجة ملحة لها فى تسيير متطلبات حياتها ..  
 ثم بقيت لنا تراثًا خالدًا .. نفيد منه .. ونضيف إليه ما يتوافق وتعتقد  
 الحضارة بما يساير العصر وروحه ..

وقد تناولنا فى الفصل الاول من هذا الباب دراسة تفصيلية لتاريخ  
 الهندسة فى العصور المختلفة .. مُبرزين أهم ملامح التطور الهندسى فى  
 كل عصر .. بينما تناول الفصل الثانى الملامح والخطوط المميّزة للهندسة  
 فى العصر الحديث مبينا كيف ظهرت هذه الملامح وتميّزت ونضجت فى  
 المراحل المختلفة ..



## الفصل الأول

### الهندسة عبر التاريخ

#### أولاً : الهندسة في فجر التاريخ :

عجباً لهذا المركب الحيويّ المبدع ... الإنسان الطامح للتجديد المستمر ... المتحرك حركة وثابة على امتداد أبعاد الكون والمجتمع والنفس أيضاً .

حركة توجد الحياة ..

وتعائق الحياة

كما أنها امتداد للحياة .

حركة مبعثها صراع لا ينقطع وتضاد لا يخبو مع كل ما يحيط به لتكييف الواقع ومقتضيات العيش .

حركة تولد الاحساس بالكتلة .

تُمزق سطحاً وتُنشر آخر .

تبنى وتهدم وتُشكّل .

وتترك أثراً خالداً في الفن والعلم ... في الهندسة .

إن تقدم الهندسة هو الوجه الآخر لصورة النمو الحضارى .. ويختفى بدء كليهما في ضباب الآثار القديمة حيث ارتدى الإنسان الجلد وتمرس بالصيد يعث بوقته ظفراً بطعام فج .

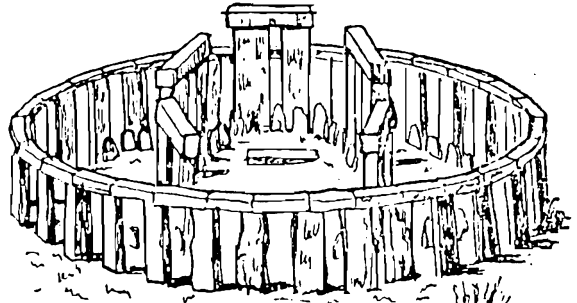
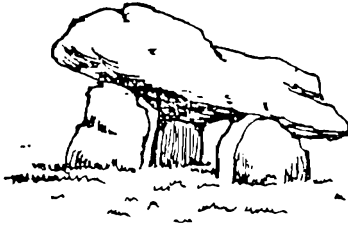
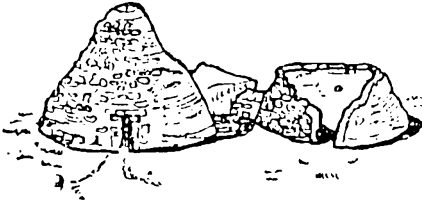
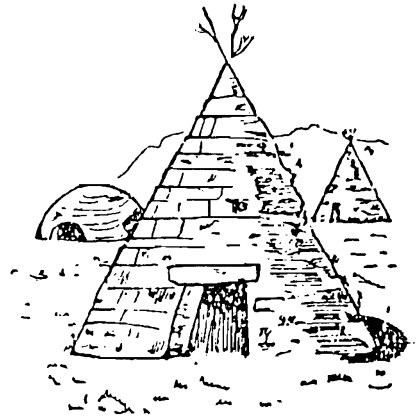
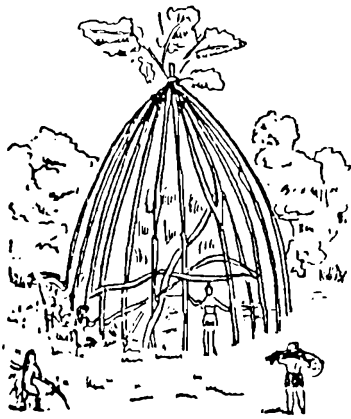
ثم تعلم كيف يشكل من الحجر اداة ... ويصوغ من الجاسء آلة .. ويتقدم بحياته نحو أسلوب افضل لمزيد من الراحة باستخدام النار ضوءاً وحرارة .

ويمرّ الزمن .. وتدور الحياة في اتجاه التطور دوراناً متقدماً ... ويبدأ العنصر البشرى مرحلة من الجماعية ترفض بعضاً من بداءة الحياة الأولى ...

تستأنس الوحوش بدل أن تطاردها

بل تصل إلى ما هو أعمق من ذلك استفادة ونفعاً فتربيها ...

... ..



( شكل رقم ١ - ٢ ) - تطور المسكن في فجر التاريخ

تتجه إلى الأرض لترسخ بها وتعمق فتعرف الزراعة  
ويتضاءل تبعاً لذلك نزوعها للترحال بين الغابات والحقول

... ..

وتبدأ عهداً من الاستقرار يمنع التطور دفعة جبارة نحو الترقى  
الحضارى .. والتقدم .

... ..

أنظر إلى الإنسان الآن ...

هو يتخلى عن كهوفه .. عن ملاجئه بين الأشجار

... عن خوفه من غموض مستقبل لا يعرف نواياه ....

... هو يزدري الجلد ليستبدل به النسيج ...

... هو يبسط الحجر فى اتجاهات أربع يستهويها الفضاء الأعلى

فتتطاول فى اتجاه الصعود .. ليقطن .. ويستمتع بالأمن ...

هو يهجر وحدته وينازعه شعور بالانتماء لا يستطيع له مقاومة

ولا دفعاً .. فيأنس لبني جنسه ويُنشئ لبنات أولى للمجتمع  
تتزايد وتنتشر .. فتظهر البلدة والمدينة .

... ..

هو باختصار يتحول إلى إنسان مدنى .

واستطاع الإنسان بهذا الاستقرار ان يتأصل عمقا فى ممارسة الحياة

.. وكلما زاد حظه من المدنية اشتدت رغبته فى كشف المعلومات الفنية

.. وتفتحت مواهب الإبداع لديه فى التحسين والصقل والتجديد لأدواته

ووسائله البسيطة فى إنجاز الأعمال .

كان كل عمل فنى جديد يمدّ تأثيره بالتغيير فى سبل العيش نحو رخاء

نسبى أفضل ، كما ان حالة الرخاء الجديدة كانت بمثابة المجال الأرحب  
لكشف آخر اكبر تأثيراً وفعالية .

إن هذه الدورة العظيمة من التأثير والتأثر دفعت بالحياة إلى الحركة

الشاملة فى تقدم مطرد بدا بطيئاً متثاقلاً مستغرقاً من السنين آلافاً عدة .

## ثانياً : الهندسة فى بابل :

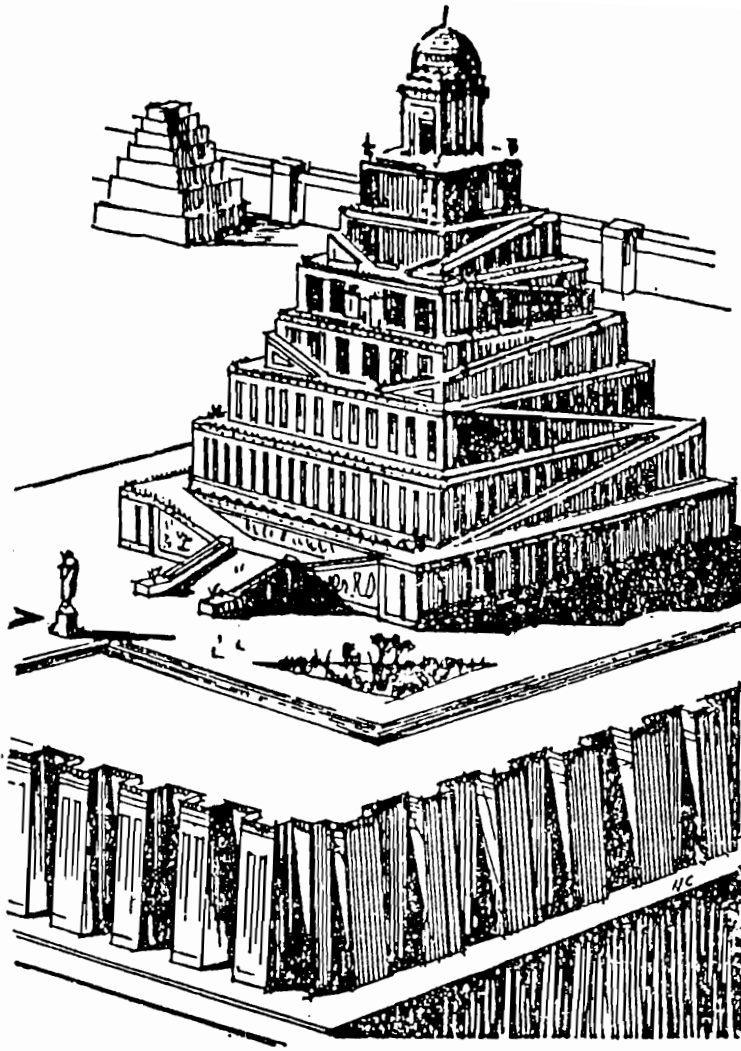
ويمزّ الزمن .. وإذا بمدن على درجة عالية من النسق الفنى وإبداع

التشييد تظهر فى أماكن متفرقة من العالم .

وكانت تلك التى فى الشرق الأدنى وعلى شواطئ البحر المتوسط

— فى البقعة المعروفة بأنها مهد الحضارة الغربية — هى الأبداع تشييداً  
والأروع نسقاً .

ولعل بابل القديمة هى أشهر مدن تلك المنطقة .. نشأت فى الوادى



( شكل رقم ٢ - ٢ ) - الزيجورات في بابل القديمة

الخصيب فيما بين النهرين ( دجلة والفرات ) .. وتعاقت عليها جهود الملوك بالتحسين والصقل فكان أهم تلك الجهود ما بذله حمورابي (١٩٥٥ - ١٩١٣ ق.م) ثم بُخْتَنَصَّر ( ٦٠٥ - ٥٦٢ ق.م ) الذى عنى بترميمها وإعادة مجدها بعد أن لحقها الإهمال وعملت فيها يد التخريب تاركة لإياها بحال يرثى له .

وكانت حدائقها المعلقة إحدى العجائب السبع فى العالم القديم .. وضربت مثلاً لحذق المهندس وبراعته منذ ثلاثة آلاف سنة مضت .  
لقد أحيطت بسور مرتفع من الآجر .. قطعة أخاذاة فى فن البناء .. لحمايتها من شر الفزاة .. وهى التى تشغل نحو ستة أميال مربعة على شاطئ نهر هيلأ أحد روافد الفرات .

ومن العجيب أن ترصف شوارعها وطرقها وأفاريزها بالآجر والحجارة مثبتة فى مواضعها بالأسفلت الذى وجد بكميات وافرة فى هذه المنطقة .  
ولقد زوّدها المهندسون بنظام فذّ لجلب الماء إلى شتى المستويات ومعلوماتنا عنهم لاتدلنا كيف ذللوا هذه العقبة .. فلعلهم استخدموا سواقى ضخمة لرفع الماء من سطح إلى آخر أكثر منه ارتفاعاً .

والمهندس البابلى - لا ريب - عرف العلوم الرياضية والحساب ، ودليلنا على هذا تلك المشروعات الفذة ، كذلك يدلنا المؤرخون على أن أولئك الفنيين القدامى أدركوا أهمية الأرقام فى المشكلات الهندسية فقادتهم خبرتهم ودرايتهم ببعض الغاز الجبر والهندسة إلى تعيين حدود موقع عملهم وحساب كمية المواد الواجب إزالتها من إحدى الحفائر مثلاً .

ونظراً لندرة الخشب وافتقار المنطقة إلى المحاجر كان الجانب الأكبر من منشآت بابل مُشَيّداً بالآجر ( الطوب المحروق ) وكان يُصنع من الطمي الثقيل الذى يتم حرقه بالنار .. يُضاف إلى ذلك سهولة إنتاج اللبن ( الطوب النّىء ) المجفف باستغلال حرارة الشمس .

إلا أن الآجر كان المادة الرئيسية للمواضع الحرجة فى المنشآت حيث كان الأقوى ولذا استخدم لتدعيم القطاعات الثقيلة فى المباني .  
واستخدم البابليون الأسفلت بدلاً من المونة والأسمنت فى لصق قوالب الآجر بعضها ببعض وساعدهم على ذلك غثورهم على موارد طبيعية وافرة من المادة شبه القطرانية .

والواقع أن منشآت المهندسين البابليين من الطوب كانت اعمالاً باهرة لم يضارعها فى الخلق والابداع سوى مدن معدودة .

ولم يبق منشآت الآجر فى طول البقاء بهذه المنطقة سوى المنشآت بالمناطق التى استخدم فيها المهندسون الحجارة .

وكانت مصر إحدى هذه المناطق ...

## ثالثاً : الهندسة في مصر القديمة :

والتشابه بين الحضارتين كبير ... المصرية والبابلية .. ويرجع هذا التشابه لعوامل عدة .  
لقد عاش كلا الشعبين في دلتا الأنهار .. وزاملت حضارة احدهما حضارة الآخر في ذات الفترة الزمنية تقريباً منذ ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد وما بعدها .. وكان الحذق الهندسى هو الأرض الصلبة التى ارتكز عليها ارتفاع مستوى المعيشة بطريقة غير عادية في كلتا الحضارتين .  
وكان المهندس المصرى ماهراً جداً .  
كما تمتّع بتعدد الاتجاهات والخبرات كزميله البابلى .. واتقن في زمن مبكر كيف يتعايش مع النيل العظيم .

لقد قرّر المؤرخ القديم « هيرودوت » : « مصر هبة النيل » ..  
ولقد أصاب في قراره ... إذ استبّع ذلك حتماً أن يكون النيل موضع الاهتمام الأول للمهندس المصرى .

عرف كيف يُنشئ القنوات  
عرف أيضاً كيف يشق المصارف وترع الري ليخفض من قوة تدفق الفيضان  
ويملك زمام التحكم فيه ليمنح الأرض حياة .  
عرف كذلك كيف يبنى السدود والخزانات إدخاراً للماء لوقت التحريق  
وابتكر أيضاً طرائق السيطرة على المخزون عند إطلاقه  
كان ذا مهارة وحذق رائعين .

....

ومما يُثير الدهشة أن كثيراً من المشروعات الهندسية القديمة الخاصة بالإشراف على النهر لم يزل باقياً حتى هذا العصر وتراه إلى جوار المشروعات الأكثر تقدماً في الهندسة المائية .  
ولم يقتصر تفوق الهندسة المصرية على هذا المجال وحده بل امتد ليشمل فنوناً أخر .

الأهرامات الحجرية الضخمة عنوان جيد للدلالة  
المسلات الشامخة المتعالية .. دليل امتياز فنيّ  
المعابد المترامية الأطراف ذات الاقتدار الهندسى العجيب عمل فذّ .  
وكلها مُنجزات غير عادية يفخر بها ذلك الزمان .

ويُمكننا أن نُدرك قيمة هذه الأعمال بطريقة أكثر وضوحاً إذا استعرضنا مشاكل التنفيذ التى واجهت المهندس المصرى آنذاك :

كان عليه ان ينقل احجارا زنة الواحد منها اطنان عدة  
 كان عليه ان يُسكّلها  
 وسيلته في ذلك هي الجهد اليدوي وحده حيث انتفت آلات القوى  
 القاطعة أو الناقلة .. إذ لم تكن قد عُرفت بعد  
 ولم تقم هذه المنشآت كيفما اتفق بل خضعت لحسابات دقيقة  
 مُحكّمة وخاصة في الاهرامات .

...  
 دعنا نتابع كيف كان المهندسون المصريون يبدعون بناء هرم ما ...  
 تحكى نظرية مشهورة أنه بمجرد استقرار الراى على اختيار المكان  
 ( على الضفة الغربية للنيل دائماً ) تبدأ إزالة السطح الرملى حتى الطبقة  
 الصخرية .. وعندئذ يُعيّن المسّاحون الحدود المضبوطة لقاعدة الهرم .  
 كان الهدف ان تصبح مربعاً كاملاً .  
 فاستخدموا لذلك حبلاً طويلاً ( عُرف المساحون بجاذبى الحبل )  
 أو قضباناً خشبية مُقسّمة إلى وحدات قياسية .  
 وكانت وحدات القياس لديهم الذراع الملكى ( ٧٥ سم تقريباً ) وراحة  
 اليد ( ١٠ سم ) والعقلة ( ٢ سم ) .  
 أما حسابات الزوايا والمثلثات فلم تكن أمراً عسيراً لدى بناء الاهرام  
 كذلك .. فإن درايتهم الواسعة بعلم الفلك مكنتهم من تخطيط قاعدة  
 الهرم لتواجه الشمال والجنوب بمستوى عالى الدقة حتى أن « التفاوت »  
 لم يتجاوز الخمس درجات من الزاوية القائمة .

ويحكم التنفيذ كله نظام من العمل دقيق ..  
 فبينما الموقع يجرى إعداده تُقطّع الكتل الحجرية في محاجر البعيدة  
 بأيدى آلاف من العمال تحت ضغط تطبيقات يدوية للعمل قوامها الازميل  
 والمنشار البرونزى والمطرقة والإسفين الخشبى .  
 وكانت الاحجار بين جيرية ورملية تتراوح أوزانها فى المدى ما بين ٢٥  
 طن إلى ٥٠ طناً .

ولم يكن بناء الهرم من المشروعات القصيرة الامد .. إذ يذكر  
 « هيرودوت » \* ان بناء الهرم الأكبر استغرق من الزمن عشرين عاماً ومن  
 البشر آلافاً غزيرة . ويكفى لو عرفنا ان عملية سحب الكتل الحجرية وحدها  
 احتاجت لجهد مائة الف عامل سنوياً كان أغلبهم عبيداً بالإضافة الى  
 المصريين المتعطّل عمل حقولهم فى زمن الفيضان .

والمسئلة أيضاً مثل جدير بالذكر فى مجال الهندسة المصرية .  
 وهى عمود طويل مستدق الطرف له اربعة جوانب .  
 ولم يكن إرساء مثل هذا النُصب المؤلف من قطعة حجرية واحدة

(\*) مؤرخ يونانى شهير زار مصر لشاهدة هذه العجائب الهندسية فى عصره .

( كثيرًا ما يزيد على ثلاثين مترا ) على قاعدته امرًا هينًا .. وكانت المشكلة الكبرى كيف تنتصب المسلة بغير كسر أو انحناء .

لكن حلهم الذكي كان حاصرًا .

لم يكن لديهم أجهزة للقوى الميكانيكية .. واغلب الظن أنهم تحايّلوا على ذلك بفكرة المنحدرات المبنية بالطين كحل بديل .

اما القصور والمعابد فكان لها شأن آخر إذ ظهرت ميدانًا مفتوحًا لبراعة المهندس المصرى وتفوقه .

ومن اعمالهم النموذجية فى هذا المجال معبد آمون رع بالكرك . وهو من الحجر الرملى المغطى بالمصيص الابيض يبلغ اتساعه ١٠٣ امتار وطوله ٣٧٢ مترا تقريبا ويؤلف مساحة داخلية تعادل مساحة اربعة ملاعب لكرة القدم ومن ابرز اجزائه بهو الأعمدة الذى تصل ضخامته حدًا لو قدر لكاتدرائية نوتردام بباريس ان توضع بداخله لترك حولها فراغًا كبيرًا . وهو يُعدّ لذلك اضخم صرح شيده الإنسان بالأعمدة .

فالسقف محمول على ١٣٤ عمودًا ويبلغ ارتفاع كل من الأعمدة المحيطة بالصحن المركزى حوالى ٢٧ مترًا والفطر نحو ثلاثة امتار . يُضاف إلى ذلك لمسة فن بدیعة تزدان بها الأعمدة سواء كانت نقوشًا ام رموز دينية محفورة عليها .

ويُعدّ « امحتب » اشهر مهندسى هذا العصر على الاطلاق إذ تعدت خبراته ومواهبه تصميم العديد من الأهرامات فشملت حدقه كرياضى وفلكى وطبيب .. وقد ارتفع قدره كثيرًا فى نظر المصريين القدماء حتى وضعوه فى مصاف الالهة .

لقد سما المصريون بالهندسة إلى ذروة مجيدة وفقًا لآلية ممارستها فى العصور القديمة . وظلت ابرز اعمالهم وأخلدها تلك التى تظهر فيها قدراتهم على تطوير الحجر باحكام فائق .

### رابعًا : الهندسة عند اليونان

لم تعيش مصر بمعزل عما حولها إذ انتشرت - بمرور الزمن - المعلومات الهندسية المصرية فى كل المنطقة المحيطة تقريبًا ولكنها لم تحظ فى بلد بالقبول الحسن والاستغلال الجيد مثلما حظيت به فى بلاد اليونان .

ولا تزال حضارة اليونان القديمة الالامعة تأخذ الالباب وتثير الإعجاب . إن المآثر اليونانية العظيمة بدأت من نحو ستمائة عام ق.م تقريبًا وتضمنت المعابد والدور والطرق ونظم نقل المياه والجسور وشملت كذلك

تخطيط المدن .. إلا ان المعابد والدور استأثرت بالاهتمام الأكبر وبأوسع نطاق من الشهرة .

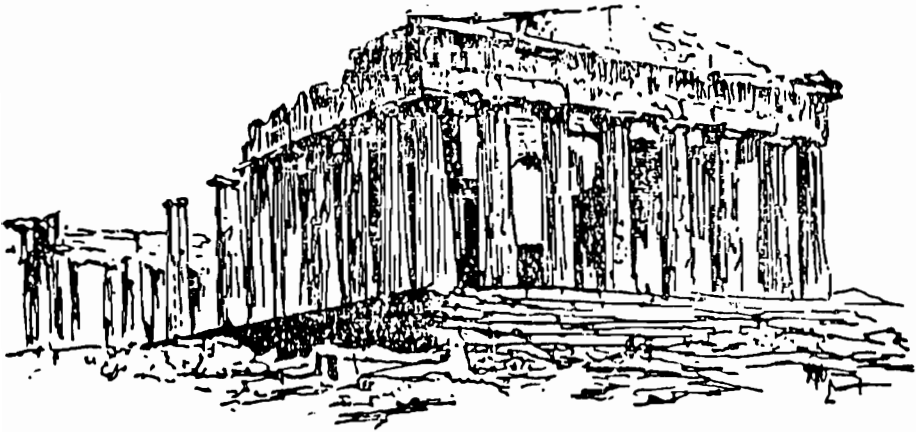
وعلى خلاف المهندس المصرى لم يقتنع اليونانى بترصيص كتل الحجارة الواحدة فوق الاخرى بإحكام ودقة .. بل تفنن في نحت الرخام بالصور والرموز .

فكانت اعمدهم آية في الفن لما ازدانت به من نقوش .  
كذلك اوجت خطوطهم المنسقة النسب والانيقة المظهر بالهيبة والجلال .

....

كانت الفنون الجميلة تتقدم فكرهم الهندسى .. فالغرض الجمالى وإبرازه يُسيطر على كل احساساتهم ومقاصدهم فجاءت اعمالهم بالتبعية نموذجاً اسطورياً للجمال المبدع .

ولعل اجمل اعمالهم « البارثينون » على قمة تل الاكروبول .. وهو معبد ضخم يبلغ ارتفاعه نحو ٩١ مترًا ويشرف على مدينة اثينا حيث كان لها بمثابة القلعة أو الحصن .. وقد بُنى في القرن الخامس قبل الميلاد .



( شكل رقم ٢ - ٢ ) - البارثينون

ويبدو توائم الفن والهندسة جلياً إذا استعرضنا بعضاً من حيلهم الهندسية في بناء هذا المعبد ، لقد عرفوا ان الدرجات الطويلة الافقية المؤدية للمعبد ( أطول من ٧٠ مترًا ) إذا لم تنحني قليلاً في الوسط تبدو مائلة . وهذا هو السبب في صنعهم للخطوط الافقية بسقفه منتفخة قليلاً إلى أعلى .

ولهم حيلة أخرى فنية في ارساء الستة والأربعين عموداً الضخمة التى حملت سقف المعبد .

لقد املوها للداخل قليلا حتى يختفى امام الرائي اى ثنوء خارج عند القمة وهو ما يبدو واضحا إذا ما صُنعت عمودية كاملة التعامد .

ولكن مما يُؤسف له أن البارثينون دُمّر كله تقريباً عام ١٦٨٧ خلال معركة بين الأتراك والإيطاليين وبقيت آثاره متعة سياحية فريدة .  
وتحوّلت مآثر المهندسين اليونانيين الباهرة في البناء إلى مدرسة قوية الأداء رصينة الدلالة أفادت منها بلدان شتى وأثرت تأثيراً عميقاً في حوض البحر المتوسط على الأخص .  
والواقع أن تصميمات البناء التي ابتكروها وطرزها أثرت على الميدان المعماري حتى عصرنا هذا ، والعالم العربى يزخر بمبان تجد أصولها في مبتكرات اليونانيين .  
ففى واشنطن مثلاً أمثلة رائعة للعمارة اليونانية كمبنى المحكمة العليا الشديد الشبه بالبارثينون .

وقد كان الازميل البرونزى والمنشار .. كذلك المطرقة الخشبية والإسفنج والروافع هى الأدوات التى ارتكز عليها تقدم الإنجاز اليونانى فى فنّ البناء تماماً كالمصريين القدماء .  
وتعدّ الكرة الرافعة من أهم الأدوات التى لا بد وانهم عرفوها .  
يُضاف إلى ذلك معرفتهم لمعدّات أخرى منها « القدة » والمربع .

لقد عرف اليونانيون كيف تُقوّى المناطق الضعيفة فى المباني الحجرية لتحتمل قوى مُعيّنة باستخدام قضبان الحديد .  
وتُعدّ فكرة التقوية هذه مُتقدمة جداً فى التكنيك البنائى إذ يستخدمها مهندسو اليوم فى المباني الخرسانية على شكل أسياخ معدنية أو شبكات مدفونة فى الخرسانة لتكسب المنشأ مزيداً من القوة .  
وشق اليونانيون القنوات المائية للمدنها بالمياه الصالحة للشرب .  
وقد كانت نقية كتأكيد أطبائهم .

وتُعدّ قناة « ساموس » أولى هذه القنوات وشُيّت عام ٥٣٠ ق.م بواسطة « بوبالينوس » وكانت تحوى نفقاً بلغ طوله ١١٠٠ متر .

وقد يغلب الظن أن تخطيط المدن تقدم حديث .. غير أن المهندس اليونانى كان يضع التخطيط العام لمدينة كاملة .. فقد كان عصر الإسكندر الأكبر رائد عصور اليونان فى مشروعات تخطيط المدن . لقد هُيّئ « الإسكندر » طريقه فيما بين ( ٣٢٥ - ٣٢٣ ق.م ) واخضع لسلطانه كل بلدان شاطئ البحر المتوسط .. وفى أوج عنفوانه ومجده شيد « الإسكندرية » عند مصب نيل مصر وعيّن أشهر مهندسى عصره « دينوكراتيس » لتخطيطها .

لقد كانت تجسيدا لحلم كبير للإسكندر استغرق إعدادها سنوات عدّة كما ساهمت فيها مواهب مُبدعة لعدد من المهندسين . وزهت الإسكندرية بطريقين بلغ عرض الواحد منها ٦٠ متراً .. نثرت على جانبي

كل منهما المعابد البديعة والدور الرائعة على خلاف المتبع في ذلك العصر من أن معظم المدن كانت لها طريق واحدة للمواكب والاستعراضات . واختصت الإسكندرية بذلك المهندس العبقري « سوستراتوس » الذى صمّم لها واحدة من عجائب العالم القديم فنار الرخام الضخم « فاروس » (\*) فى مدخل الميناء .

ويمرّ الزمن وإذا بالإسكندرية عاصمة البلاد تصبح مركزاً للإشعاع الثقافى فى عالم البحر المتوسط . . اتاح لها تكوينها الطبيعى أن تكون قبلة طلاب المعرفة كما مكّنتها مكتبتها الزاخرة أن تتبوأ هذه المكانة الرفيعة .

وفى مجال النقل البرى - والذى كان مُهملاً قبلاً - بدأ اليونانيون بتعميد الطرق وتجهيز النافى منها . . كذلك اضطلعوا بعمل سلسلة من المراكز تتوافر فيها الخيول البديلة مما جعل اتصالهم بالعواصم الإقليمية مُيسراً .

وتمخضت الحروب التى شنها إغريق صقلية على قرطاجنة عن درجة عالية من الميكنة تميزت بها جيوش اليونان حيث عرفوا آلات الحصاد كما ابتكروا اشكالاً جديدة من القوس الآلى أو المنجنيق المشتق عن الشكل البدائى للقوس والمقلع الآلى « المقذاف » . ويُقال : إن ديونيسيوس السكندرى استطاع عام ٤٠٠ ق.م أن يبتكر نوعاً شبيهاً بالمدافع الرشاشة فى شكل منجنيق يطلق سلسلة من السهام المتتابعة .

كما ناقش اليونانيون مرونة الزميركات والهواء المضغوط غير أنها لم تكن قد خضعت بعد للتحكم بالقدر الكافى . ولا نستطيع اغفال حقيقة هامة تفرض علينا الآن أن نشير إليها ولو من قبيل العرض الخاطف .

لقد كان تقدم اليونان العلمى دعامة ساندت إلى حدّ بعد تقديم التكنولوجيا :

- فهذا طاليس الملىطى . . أول من كشف عن القوى الفاضلة للكهرباء وأجرى تجارب عديدة أولية على الكهربية الاستاتيكية .
- وهذا ديموقريّس . . العالم الذرى الرائد .
- وهذا « هيرو » السكندرى . . رياضى ومهندس ومُبتكر ، كان مُخترعاً ذا حذى كبير . . وتعدّ الكرة النفاثة أشهر أجهزته الميكانيكية كأول محرك يعمل بقوة رد الفعل . . ولعله الجد الأكبر للمحركات النفاثة .
- وهذا أرشميدس ( ٢٨٧ - ٢١٢ ق.م ) المهندس العالم أطولهم باعاً . . .

---

(\*) فاروس هو اسم الجزيرة التى شُيد عليها الفئار .

- أجرى عدة دراسات تتعلق بقوى الأجهزة والحيل الميكانيكية . .  
كالروافع الدوالية واستخلص تفسيراً علمياً للتعويم في الماء .  
- ودرس القوى المشتركة في استخدام « العتلة » وكان واثقاً  
من قواها الهائلة مما دفعه للقول « أعطنى مكاناً أقف عليه وأنا  
أحرك الكرة الأرضية » .

- وابتكر « اللولب الدوار » ( حلزون ارشميدس ) وهو لا يزيد  
عن كونه آلة رفع الماء من المستويات السفلى .

- كما كان عتاقاً للعلوم الرياضية - رغم شهرته بابتكار الأجهزة  
الميكانيكية - مما دفعه لأن يوضح بعض غوامض علم الهندسة .  
والواقع أن كثيرين من فلاسفة اليونان ساهموا بنصيب كبير  
في مجال الرياضيات .

● وهذا اقليدس صاحب الهندسة الأقليدية الشهيرة ومجهوده  
لا يخفى في دراسة المستويات والمسطحات ولا تزال أسس هذه  
الهندسة راسخة حتى يومنا هذا .

ولسنا في حاجة لأن نؤكد مدى احتياج المهندس للرياضة كإحدى  
وسائله الأساسية مما يجيز لنا اعتبار تقدمهم فيها أهم مساهمة يونانية  
في الهندسة عموماً .

### نماصاً : الهندسة عند الرومان

تلقف الرومان مشعل الحضارة الذي خلفه اليونانيون ليمدوه بزيت  
جديد يقوى به ضوءه على امتداد الزمان . . فلقد استطاعت الإمبراطورية  
الرومانية أن تتسع لتشمل مواقع كثيرة من العالم القديم ( تضمنت العالم  
العربي كله تقريباً ) .

وكان مهندسوها يطعمون هذه البلدان متى نزلوها بطابع الحياة  
الرومانية . . . من طرق وكبارى وقنوات مائية ومبان عامة وملاعب . .  
ولا يزال الأثر الباقي من هذه المنشآت مستخدماً حتى عصرنا هذا دليلاً  
عبرياً على حذق البناء .

وتعزى المهندس الروماني بالفكر العلمي على خلاف اليوناني الذي  
ورث عنه أسس الهندسة فاهتم بالمواد وكيفية تطويعها لتخدم بأكبر  
كفاءة ممكنة ، وتعتبر كفايات المهندس الشهير « فيثروقيوس » ( القرن  
الأول ق.م ) هى الأساس فيما وصل إلينا عن استخداماتهم للمواد  
والأدوات .

لقد أجادوا استخدام الحجارة والطوب والأسمنت . . وهذا الأخير  
هو دعامة عملهم الابتكارى في التغلب على أكثر مشكلاتهم تعقيداً وهى  
البناء تحت الماء . . فتضمنت مشروعاتهم القنوات المائية وقواعد الكبارى  
في قاع النهر وأرصفت الموانى ونظم المجارى والصرف .

أما كيف توصلوا للأسمنت فالتجربة كانت رائدهم في ذلك .  
لقد استخدم بناء وهم الحجر الجيرى المطحون والمخلوط بالرمل  
والماء كمادة لاصقة لكنه إذ يجف يتفتت كما لم يكتسب الصلادة تحت  
الماء . . إلا أن أحد المهندسين المفرمين بالتجربة أضاف يوماً بعض الرماد  
البركاني للخليط فكانت النتائج غير منتظرة .

كان الأقوى إذ يجف ، كما استطاع أن يكتسب الصلادة تحت  
الماء . . . وهذا هو العجيب الجديد ، واطلقوا على المادة الجديدة  
« يوزولانا » وساد استعمالها منذ ذلك الحين سواء خارج الماء  
أو داخله ، وجدير بالذكر أن هذه المادة اختبرت بعد نحو ألف  
سنة فوجدت في صلابة الحجر الطبيعي .

وكان للرومان السبق في إقامة القباب ولهم فيها آثار فخمة كالبنائيون  
وحمامات ديوكليتيان . وسرع المهندس الرومانى في بناء القوس « العقد »  
وظهر ذلك جلياً في منشآت القنوات المائية التى شُيّدت بالحجارة والطوب  
في طبقة أو اثنتين وأحياناً ثلاث .

وامتدت قنواتهم أميالاً عبر الأقاليم والوديان والأنهار والأرض الوعرة  
واسطاعت روما مثلاً الحصول على مائها بواسطة إحدى عشرة قناة حملت  
فيض الماء من موارده الجبلية إلى خزانات المدينة وامتد بعضها أكثر من  
خمسین ميلاً .

وساعدتهم درايتهم بالاساسيات أن يصلوا بقواعد الكبارى إلى الطبقة  
الصخرية تحت قاع المجارى المائية ، وكان عليهم ليحققوا ذلك وضع ستائر  
مُحكمة من الأخشاب حفظوها بالتفحيم لمنعها من العفن تحت الماء - في  
صف أو صفين تُمَلَأ فيما بينها بالطين الثقيل أو الپوزولانا لحجز الماء عن  
الموقع . . ويُستخدم هذا الحاجز حديثاً باسم السد المحيط Coffer dam  
حيث تُنزع المياه من داخله بواسطة حلزون أرشميدس « الطنبور » أو  
بالدلو « الشادوف » .

وأعمالهم المائية تشاهد حتى اليوم في ارضفتهم على نهر التيبر  
وكوبرى « بوتر فابريكوس » الذى أُقيم عام ٦٢ ق.م .

ودفعهم تشجيع التجارة والتنمية ، كذلك أهمية التحركات العسكرية  
لديهم إلى الاهتمام بالطرق اهتماماً كبيراً . . . وكانت أول ما ينشئون  
بمجرد دخول جيوشهم بلداً ما .

وبمرور الزمن اتصلت هذه الطرق بتلك المتشعبة من روما نفسها  
حتى لقد شاع المثل القائل « كل الطرق تُؤدّى إلى روما » .

ويذكر المؤرخون أن شبكة الطرق هذه بلغت من الطول ٨٠٠٠ ر.  
كيلو متر أطلق على الرئيسى منها « الطرق الامبراطورية » ومنها « طريق

ايبان » الذى لا يزال يعمل فى خدمة المرور حتى كتابة هذه السطور ، وكانت هذه الطرق تُشيد من عدة طبقات من الحجر والزلط والرمل والأسمنت يعقبها كساء من كتل حجرية صلبة يبلغ سمكها حوالى ١٢ر٥ سم تلتصق بقوة ببعضها البعض .

ولم تغفل وسائل الصرف لهذه الطرق .. يُساعد ذلك ارتفاع منسوب الطريق فى وسطه عن جانبيه .

وكانت المناطق الصخرية إذا اعترضت طريقهم نفذوا خلالها عن طريق الانفاق التى حفروها بوسائل بدائية كأن يُسَخِّن الصخر بشدّة ثم يُصب عليه الماء البارد .

وكانت النتيجة المحتمة لذلك كله أن يُصبح السفر سهلاً ميسوراً عن أى زمان مضى .

واستطاع الرومان أن يفيدوا مما خلفه اليونانيون من معلومات فنية واجهزة مساحية توافر لديهم منها ثلاثة أجهزة رئيسية :

الجروما .. والشوروباتس .. والديوبترا

والجروما جهاز يتركب من قائمين متقاطعين على التعمد وفى أطراف أذرعه خيوط بكل منها ثقل ، وتتحدد استقامة خط ما إذا سُوهِد على امتداد أى خيطين معتدلين عموديا ، ومن الغريب أيضا أنه يُحدد الزاوية القائمة بدقة تثير الدهشة .

والشوروباتس جهاز لاختبار استواء السطوح وهو أداة ضخمة طولها نحو ٩ أمتار مصنوعة من قطعة خشب مستقيمة ترفع من طرفيها ويُقوى هيكلها بحملات مستعرضة بها عِدّة « حروز » أو خطوط أفقية وتندلى على طول القطعة الخشبية المستقيمة خيوط يعرف المهندسون من اتفاقها التام مع « الحروز » أن سطح طريقهم مستو .

ولعل الديوبترا هى أكثر الأدوات المساحية التى استخدمها الرومان طرافة .. ويُقال أن مُبتكرها هو « هيرودوت » السكندري ثم تعيدها اليونان بالتحسين والصقل حتى استطاعت أن تُؤدّى مهمتين فى آن :

فحص المساحات المستقيمة ،

واختبار مدى استواء السطوح

وهى أدق من الجروما فى فحص المسافات المستقيمة إلا أن الرومان فضّلوا الشوروباتس عليها فى معرفة مستويات الأسطح .

وهناك أجهزة مساحية أخرى عرفها الرومان كالقضبان الخشبية والأطوال الحبلية ذات الأبعاد المحكمة الدقيقة لقياس المسافات المستقيمة ، وقد استخدموا للفرض الأخير جهازاً فذاً بالنسبة لما يزامله من أجهزة .. وهو على هيئة عجلة طول مُحيطها وحدة قياس تعارفوا عليها .. تميّزت بالقياس السريع لآى مسافة بدحرجتها على أرض الموقع وأمكن تسجيل عدد اللغات معرفة المسافة .

وبذات المبدأ يعمل حديثاً جهاز يدعى عداد المسافة ويستخدم غالباً لاختبار أنواع الوقود الجديد للسيارات عن طريق تحديد دقيق للمسافة المقطوعة ولا يزيد في جوهره عن عجلة ذات اسلاك .

وفي مجال التعدين امكن للرومان أن يعرفوا النحاس الأصفر عن طريق التحام قضبان النحاس بتسخينها وهى مدفونة في الفحم النباتي مع خامات الزنك المسحوق . . وربما نشأت هذه العملية في جبال ارمينيا في بداية الالف الاولى قبل الميلاد ولكنها لم تصبح ذات أهمية حتى بداية ذلك العصر .

كذلك شمل التوسع النسبي انتاج الزئبق في اسبانيا حيث استخدم لاستخلاص الذهب والفضة وتنقيتهما .

كذلك عرفوا عمليات إسالة المعادن غير الثمينة على خامات النحاس الاسبانية في القرن الاول قبل الميلاد .

واستطاع الرومان الحصول على القصدير بوفرة في بريطانيا واسبانيا وكرونوول وغيرها مما أثر كثيراً في تنشيط التجارة الدولية . . يُضاف إلى ذلك استطاعتهم انتاج سبيكة البرونز من النحاس والقصدير بنسب معينة مما أثر على انتاج الأواني والأدوات الزراعية والأسلحة بالتحسين نظراً لامتيازه بصلابة أكبر مما للنحاس النقي .

ونظراً لكون الرصاص مألوفاً لديهم كالنحاس تماماً عرفوا كيفية معاملته بالنار ليحصلوا عليه نقياً خالصاً . . وتعددت أماكن الاستخراج أمامهم في اسبانيا وبريطانيا وغيرها .

والاستخدام الرئيسي الذي اختاروا له الرصاص هو اغراض منع تسرب الماء وصنع أنابيبه . . إلا أن « فيثروفيوس » ترك في كتاباته نقداً شديد اللهجة لهذا الاستخدام لاعتقاده أن المعدن تسبب في تسمم الماء مما أدى إلى عديد من الوفيات .

ويبدو أن المهندسين وافقوه إذ استبدلوا أنابيبهم تدريجياً بأخرى من الطين .

وكان العصر الروماني عصر الهندسة العسكرية بحق إذ استوعبت أوجه النشاط الخاصة بمجالات الحرب والمنشآت العسكرية عدداً غفيراً من المهندسين .

كما حرص الفُزاة أمثال « يوليوس قيصر » على اصطحاب مجموعة من أمهر مهندسي العصر في كل صولاتهم وجولاتهم .

كانت المهمة الأساسية لهذه المجموعات الهندسية تنحصر في تشييد الكبارى لعبور الجنود والمعدات :

كذلك في العناية بآلات الحرب والدمار كالمجنق ووسائل ذلك الأسوار . . وايضاً آلات تحديد مواقع المعسكرات وإقامة التحصينات والقلاع .

ومن أهم المنشآت التي وضعها « قيصر » ذلك الكوبرى الذى بُنى  
عَبْرَ الراين عام ٥٥ ق.م وأقيم من الخشب الثقيل مُمتدًا نحو ٣٩٦ متراً  
مستغرقاً من الزمن عشرة أيام فقط تهيأت فيها كل المواد اللازمة لبنائه .

### سارسا : الهندسة فى القرون الوسطى

تميّز العصر الوسيط بتحوّل كبير فى انجاز العمل مبعثه تطور الإدراك  
البشرى لاستخدام الطاقة ويُلاحظ أن الطاقة وإدراك صور استغلالها  
كانت تحدث فى التقدم التكنولوجى ما يشبه الطفرة فى التقدم  
الأنثروبولوجى .

وإذا كانت تكنولوجيا العصور الوسطى تضرب بجذور عميقة فى  
التقاليد الكلاسيكية إلا أنها تميّزت بظهور المحركات الأولية كبديل للطاقة  
العضلية فى تحريك المكائن والعِدَد .

وكانت طاحونة الهواء هى البداية واستخدمت لإنتاج دقيق القمح  
لكنها سرعان ما شملت تطبيقات أخرى .. واتسعت دائرة خدماتها  
فاستخدمت فى رفع الماء وعصر بذور الزيت وطحن الأتربة الحديدية كما  
حرّكت بعض الوسائل اليدوية كالمطارق والمناشير والمخارط وأحجار  
الطحن .

ولعبت ظروف السطح وجغرافية المكان لأوربا الغربية دوراً كبيراً فى  
تطوير طاحونة الماء حيث يتوافر الماء الجارى فى الأنهار والنهيرات .  
وتحت ضغط الحرب حاصر القوطيون روما عام ٥٣٧ م وقطعوا عنها  
القنوات ، وابتكر الجنرال بليزازيوس الطاحونة العائمة التى شاع استعمالها  
فى أوربا العصور الوسطى حيث كان لكل مدينة كبرى تقريباً مثل هذه  
الطواحين تحت عقود الكبارى .. ومنها ما هو موجود حتى هذا العصر .

ويجب ألا يغيب عن الذهن أن المكائن فى أماكن كثيرة استمرت دون  
تطوير ولم تزد وسائل إدارتها عن عجلات يُحرّكها الإنسان أو الحيوان  
خاصة فى المناجم ومصانع القطن .

واستطاعت ثورة الزراعة آنذاك فى أوربا الغربية أن تفيد من هذا  
التغيير ... فشاع استخدام المحراث ذى العجلات وأمكنه عزق تربة  
قاع النهر الغنية الثقيلة برغم ظروف الصرف السيئة فى بعض أماكنه ..  
وإذا تضاءلت ضرورة الحرث فى اتجاهين متعامدين استحدث نظام الشرائح  
فى تقسيم الأرض ، وحيث احتاج هذا المحراث إلى قوة أعظم بدأ الفلاحون  
نمطاً من التعاون المثمر بتجميع ثيرانهم مؤسسين بذلك ما عُرف فيما بعد  
بالضيعة ، وأفاد الإنتاج كثيراً حين استبدلت الزراعة الشائعة بالزراعة  
الثلاثية فى نهاية القرن الثامن إذ تحسنت الدورة الزراعية وزاد الانتشار  
الأفقى باتساع رقعة الأرض .

ولم يكن النقل البرى فى موقف يُحسد عليه فقد استدعى انهيار الحكومة المركزية - وهو فى الواقع اسوا نتائج سقوط الإمبراطورية الرومانية - أن يلتزم ملاك الاراضى - نظرياً - بصيانة الطرق .

ولم يقلد مهندسو العصور الوسطى الطرق الصلبة كالقدماء لكنهم استخدموا الزلط وكسر الحجارة فوق أساس من الرمال بحيث تملك هذه الطرق خُرْبَة التكيف وظروف المناخ إنكماشاً وتمددًا .

ابتكروا أيضاً « الطرق الحديدية » من كتل استخدمت فى تثبيتها معاً المونة والحصى ولم يكن من جديد فى وسائل النقل البرى سوى إدخال العرائش فى العربات والمركبات من ذوات العجلتين أو الأربع فسمح ذلك لمزيد من الحيوانات أن تشارك فى عملية الجر بأكثر كفاية وقُدرة .

كذلك استبدل المحور الامامى للعربة - والذى كان بصفة عامة جزءاً واحداً مع عريشها بوصلة متارجحة سهلت لها الدوران فى الأجزاء المنحنية .

وحيث ظلّ النقل المائى ارخص سُبُل نقل البضائع كما ظلّت مراكب العصور القديمة باقية تمخر عباب الماء فإن معظم النقل شقّ أقصر الطرق للساحل أو النهر .

وبازدياد إدراك أوربا الغربية لامكانيات ساحلها المفتوح على الأطلنطى حدثت تغيرات هامة لتطوير عابرات المحيط .

والتقدم الهندسى فى مجال صناعة النسيج ومواده الأولية له شأن آخر ..

لقد انقسم العمل بين عدد من النقابات أخذت إحداها على عاتقها أن تُبسّط الصوف وتندفه وتقوم أخرى بفزله وثالثة بقصره ومعالجته . وكمّة كشف آخر لعب دوره فى تطوير الإنتاج اذ ابتكر بورجيزانو البولونى عام ١٢٧٢ مكنة لغزل الحرير ... ولم تحصل البلدان الأخرى على هذا الابتكار إلا متأخرًا ... فلم تعرف فلورنسا والمراكز الإيطالية شيئاً عنها حتى ١٥٣٨ كذلك ظلّت بعيدة عن تناول إنجلترا حتى القرن السابع عشر .

وتمثّل العصور الوسطى الفترة الذهبية للحديد حيث كان فيها الفلز الأول اذ تضاءل استخدام النحاس والبرونز بينما شاع استخدام الحديد فى الحياة اليومية .. وحدث فى هذه الفترة نوع من الاتساع الأقى بزيادة الإنتاجية عن طريق كشف مناجم جديدة ومواقع صهر خارج حدود الإمبراطورية الرومانية صاحبه مُقدّمات للتقدم الراسى سجّلتها كتابات عن الاستخدامات الفضلى للفلزات وطرق التعدين أفاد منها المشتغلون بالفنون والزخرفة .

وعلى الرغم من استخدام الفحم المستخرج من اماكن عديدة فى أوربا على نطاق واسع فى عمليات تعدينية أولية إلا أن الصهر النهائى استمر

اجراؤه بالفحم النباتى رغم زيادة تكلفته نتيجة انحسار حجم الغابات المتاحة .

وتعالم دور الحديد الزهر حين استطاع خُدمة ادوات الحرب باعتباره الأساس لصناعة الأسلحة النارية آنذاك . . وكان ذلك إيذاناً للنماذج الرومانية والاعريقية من اسلح كالمجنيق والمقلاع أن تدخل متاحف التاريخ .

ونفس الشيء حدث مع وسائل التفجير إذ كان على المخاليط الحارقة – والتي قوامها نترات البوتاسيوم ومقطرات البترول الخفيفة ومكونات أخرى عرفها الشرق منذ زمان مبكر ( وقد عاد الصليبيون بقصص رهبة مختلفة عن « النيران الإغريقية » المخيفة التى لاقوها من أسلحة الجيوش العربية ) – أن تدخل هى الأخرى متاحف التاريخ تاركة مكانها لمتفجرات البارود ، وصاحب ذلك تقدّم بعض وسائل التشغيل كالسبابة حيث كانت البنادق تُشكّل بالسبك ، واستطاع التطور الحربى للمدفعية والقذائف أن يمدّ تأثيراته ليطور التكنولوجيا ايضا . . . ففتح المجال لدراسة مسار القذوفات وتأثير الجاذبية والتصادم وسائر المشاكل المتعلقة بميكانيكا الحركة والتي امتد حلها ليقدم ما هو أبعد من الغرض الحربى ذاته وكان ذلك من المثيرات التى نبّهت رجال العلم للاهتمام بعمل الصناعة وفتح المجال واسعاً للتعاون المثمر بين العلم والتكنولوجيا أكثر مما كان فى الماضى .

وكان لاستخدام الاسلحة النارية الفضل الاول فى حثّ السلطات على حلّ مشكلة التوحيد القياسى للأجزاء المختلفة نظراً لتعدد انواع البنادق ووجود الطلقات الخاصة بكل نوع ، يضاف إلى ذلك إدراك القيمة الهائلة لامكانية تبادل الذخيرة الأمر الذى وضع جلياً عندما اعطيت الأسلحة النارية للمشاة والفرسان واستتبع ذلك بالضرورة توحيد طرق التدريب والزى ، وامتد التوحيد القياسى بعد ذلك ليشمل أجزاء الأساطيل عابرة المحيطات وكانت بمثابة قطع الفيار فى مراكز التمويل .

واستطاعت الهندسة المدنية أن تُثري بفنون جديدة فقد تمّت فيما بين القرنين السابع والحادى عشر حماية لا بأس بها لأجزاء كبيرة من الاراضى المنخفضة عن طريق حواجز تقيها عدوان البحر .  
ومنذ القرن الثانى عشر حُفرت مجموعة من القنوات فى هذه الاراضى المنخفضة كضرورة لابد منها لصرف المياه المتسربة من البحر وكذلك مياه الأمطار المتجمعة على فترات منتظمة .

ولم تتقدم سُبُل الحياة الأخرى فى العصور الوسطى تقدماً يستحق الذكر :

إذ ظلت مصادر الضوء الوحيدة هى الشموع ومصابيح الزيت ،

واستمرت نيران المواقد المفتوحة الوسيلة الوحيدة للاستدفاء ولم ينتشر استخدام المواقد المغطاة بالقرميد في وسط أوروبا حتى نهاية هذا العصر ..

وندر لإمداد المدن بحاجتها من الماء بصورة منتظمة إذ لم تستوعب القنوات الرومانية احتياجات كل المدن بل إن القنوات التي وُجدت فعلاً لم تكن تخضع للصيانة الصحيحة .. وأصبح الحصول على المياه يعتمد غالباً على الآبار أو الأنهار . وساءت الظروف الصحيّة إذ أهملت مراقبة النظافة العامة ووسائل الصرف ..

وتأخر تعبيد الشوارع وتنظيفها في معظم المدن الأوروبية إلى القرن الرابع عشر كما أن الإضاءة الليلية لم تكن إلا في القليل النادر ...

وتطوّر حساب الوقت في أوروبا باختراع الساعات الزمركية والساعات ذات الثقل .. وقد كانت أبراج الكنائس في البداية هي المكان الطبيعي لأمثال هذه الساعات الميكانيكية خلال القرنين الرابع والخامس عشر إلا أنه في نهاية العصور الوسطى ظهرت ساعات أصغر للاستعمال الخاص .

وكان لاتصال أوروبا في العصور الوسطى بالعالم العربي ومن ثمّ بالشرف الأقصى الأثر الأكيد في تعلمها إنتاج نماذج أفضل من الخزف والزجاج وسجّل الاقبال على الزجاج الملون مؤشرات عالية اذ استخدم للنوافذ في المباني الفخمة كالكنائس والقصور وتعدّ مورانو ( قرب فينيسيا ) من أشهر مراكز إنتاج الزجاج ومنها انتشر إلى فرنسا وألمانيا .

ولنا الآن وقفة تجاه ارتباط المعرفة النظرية بالعملية وما يتصل بها خلال الحقبة الوسطى من القرون .

فلم يكن وصف « فيثروفيوس » والذين جاءوا من بعده للمعماري بأنه « المخطط والملاحظ للأعمال » اعتباطاً أو بمحض الصدفة .. ولكنه جاء إدراكاً صحيحاً لضرورة ارتباط المعرفة النظرية بالعملية في سبيل التطوير الجذري والمُهني ايضاً ، وكانت الحاجة لمثل هؤلاء الذين يشير إليهم التعريف ماسّة ... يَبْدُ أنه لم يتخذ من الخطوات ما يلزم لإعدادهم . ولقد راح نسياً منسياً ما كان يتعالى من صيحات تُنادى بالإعداد والتعليم والتجهيز منذ سقطت الامبراطورية الرومانية ... وأصبح من اللازم للصنّاع ان يتحمّلوا مسؤولية تعليم أنفسهم بأنفسهم . وقد أُشير للمهندس بعد القرن العاشر على أنه الصانع أو بَناء الطوب واختفت كلمة المعماري بمدلولها السابق كْمُصَّم ومُخَطَّط لمشروعات البناء حتى القرن الرابع عشر .

ومن اللافت للنظر في تلك الفترة أن الحرفيين استطاعوا معرفة الكمّات والعجلات المستتة وبعض الأجزاء الأخرى للمكنات . . غير

أنهم لم يكونوا مُدرّكين تماماً للعلاقات التى تربط أجزاءها ... كما لم يستطيعوا تقدير قوة المواد التى يستعملونها .. وباختصار .. لم يكن لديهم ميكانيكا تطبيقية تمدّ لهم العون والفهم وإتاحات التطوير السريع . وإذا حدث .. واستطاع صانع من خلال الخبرة التوصل فى النهاية لابتكار مكنة أو آلة جديدة .. فامكانية جنى ثمارها تكمن فى السرية والاختفاء .

وبدأ هذا الأسلوب فى الزوال تدريجياً عند مشارف النهاية للقرن الثالث عشر حين مُنح المخترع امتياز استغلال مخترعه . ورادت دولة « فينيسيا » هذا الطريق حين قدّمت للمخترعين حماية قانونية عام ١٤٧٤ .

...

وكانت الطباعة حدثاً تاريخياً فذاً فى حياة البشر إذ مكّنت من تداول الأفكار وانتشارها ، كما مكّنت من تناولها بالشرح والبحث والاستقصاء . وبدأت منذ ذلك الحين حركة علمية رائعة الأثر شدّت إليها كل الاهتمامات كما دُعِمَت الاتصال والتعاون بين الدوائر العلمية . واستطاع اساتذة الحرفيين من خلال ذلك كله شرح افكارهم وأساليبهم وطرحها على مائدة البحث والتطوير .

...

وبدا الاهتمام بالرياضيات يتصاعد فى القرون الوسطى . واعتبرت أساليب أرشميدس وبطليموس مثلاً منهجية تُحتذى .. وقرب فترة ازدهار العلم الطبيعى تعالت الأصوات التى تنادى بأهمية التفكير الرياضى وسرت حجة « كازانوس » الميتافيزيقية : « الرياضيات هى المرأة التى تظهر فيها الحقائق الكبرى للإنسان » . وهناك اقوال عديدة لائمة دعاء العلم الطبيعى فى القرنين السادس عشر والذى يليه .. جاليليو وكبلر وديكارت .

يقول جاليليو فى كتابه « المختبر » مُوضحاً وظيفة الرياضيات فى العلم الطبيعى :

« والفلسفة مسطّورة فى ذلك الكتاب العظيم « الطبيعة » والمفتوح دائماً تحت بصرنا إلا أننا لن نفهم الكتاب حتى نتعلم أولاً كيف نفهم اللغة ونقرأ الحروف التى كُتِبَ بها .. إنه مكتوب بلغة الرياضيات .. وحروفها المثلثات والدوائر والأشكال الهندسية الأخرى والتى يستحيل بدونها للإنسان أن يفهم كلمة واحدة منه فبدونها نمضى متخبطين فى متاهة مظلمة » .

ولا غرابة فى صياغة كهذه اقتصرَت على الهندسة . فقد كان الفلك - وهو الفرع من العلم الذى حقّق قدراً كبيراً من التقدم فى زمن جاليليو - متوائماً تماماً مع الهندسة "Geometry"

كذلك كان اسهام جاليليو الاساسى ( نظرية السقوط والقذف )  
مصوغًا فى قالب هندسى نظرًا لقصور الجبر وقتئذ .  
وكان ديكارت أقل نشوة من كبلر فيما يتعلق بالعلاقة بين الرياضيات  
والعلم الطبيعى إلا ان اقتناعه بوجودها لم يكن أقل تأصلًا .  
ولقد استطاع فى « القواعد اللازمة لتوجيه الطبيعة البشرية » -  
المكتوب عام ١٦٢٩ - أن يُطور النظرية القائلة فى دراسة العلم .. بأن  
المفاهيم والبراهين الرياضية يمكن - بل ويجب - تطبيقها على العالم  
بأسره ..

وكان لابد للرياضيات أن تحتل مكانها المرموق من التطور العلمى ..  
وتصبح لتقدمها فى القرن السابع عشر مفتوحًا للتقدم العلمى والتعجيل به .  
ونسأل : كيف حدث هذا التأثير ؟  
والإجابة تتضح إذا ذكرنا الانجازات الثلاثة الهامة التى اعتبرت نقطة  
وثوب للرياضة وهى :

● الجبر الرمزى

● الهندسة التحليلية

● حساب التفاضل والتكامل

والثانى ثمرة للأول وعنصر لا غنى عنه للثالث .  
وقد كان للانجازات الثلاثة أثرها - ولاشك - ولكن ليس بالطريقة  
التى تبدو لنا اليوم من حيث الوضوح .

فاقتصرت الجبر الرمزى مثلاً على التطبيقات غير المباشرة أى بقدر  
ظهوره فى الهندسة التحليلية وحساب التفاضل والتكامل .. ولم يكن  
يُستخدم آنئذ للتعبير عن الحجج العلمية بالاختصار المطلوب .. كذلك  
لم يُعمَّم استعماله فيما نعتبره اليوم وظيفته الأساسية من تكوين معادلات  
تجتمع فيها الرموز المعبرة عن قيم طبيعية لها وحداتها وأبعادها الخاضعة  
لكافة عمليات الحساب .. ولم يحدث ذلك إلا فى القرن التاسع عشر .  
وبالنسبة لحساب التفاضل والتكامل .. لا يمكننا اعتبار اختراعه  
حقيقة تاريخية منعزلة .

فمسائل حساب التكامل ( تحديد أطوال المنحنيات والمساحات التى  
تحدها والحجوم التى تحيط بها .. والأسطح المستوية والمنحنية ومراكز  
ثقل الأشكال والأجسام الهندسية ) عرف أغلبها منذ العصر الإغريقى ..  
بل أن حل بعضها قد تمّ فى حالات كثيرة ..

وحين ثارت التساؤلات التى نشأ عنها حساب التفاضل والتكامل  
- وبالذات تلك التى استفرت عن النهايات القصوى للمعادلات ..  
ومماسات المنحنيات - فى وقت مُبكر من القرن السابع عشر .. اضطلع  
نيوتن وليبنيز بإنشاء الرابطة بين هذين الفرعين .. حيث أوضحا أن

التكامل عمالية عكسية للتفاضل وقاما بادخال رموز وطرق عامة للحساب في كليهما .

...

ولا يعنى عدم استعمال هذا الاصطلاح : « حساب التفاضل والتكامل » قبل هذه المرحلة عدم وجود فروع للرياضيات تُعالج مسائل حساب التفاضل والتكامل . بل ان هذه الفروع كانت موجودة - أو على الأقل بعضها - حين استحدث الإغريق الفكرة التى عُرفت فيما بعد بـ « غير القابل للانقسام » فى حساب التكامل .

والعلاقة بين الرياضيات والعلم الطبيعى . . . والتى استوثقت فيما بعد . . . كانت سبباً فى دفع عجلة التطوير العلمى والذى كان يواصل تقدمه كلما استطاعت الرياضة أن تضع تفسيراتها وحلولها فى خدمته .

### سابعاً : النهضة فى عصر النهضة

النهضة هى مرحلة انتقال من العصور الوسطى إلى العصور الحديثة . . . انتقال من العصور الوسطى بثقافتها الدينية التى سيطر فيها رجال الدين على الحياة وصرفوا الناس عن التفكير فى شئون الدنيا استعداداً للحياة فى العالم الآخر ، إلى العصور الحديثة ذات الثقافة الدنيوية حيث اهتم الناس بمفاتيح الطبيعة وجمالها وفكروا فى مشكلات الحياة المحيطة بهم أكثر من استغراقهم فى المسائل الدينية ، واحتل فيها الطبيب البارع والتاجر النشيط والعالم المبتكر والفنان الممتاز والأديب اللبق والعامل المجد - مكانة سامية لا تقل عن مكانة رجل الدين فى العصور الوسطى .

ثم أن النهضة كانت عصر انتقال من مجتمع زراعى يعتمد اقتصاده أساساً على ما تغله الأرض وما يتصل بها من حيوان إلى مجتمع تجارى صناعى فضلاً عما يقوم فيه من زراعة . ويتصل بهذا ان النهضة عصر انتقال من حياة ريفية قروية إقطاعية جامدة إلى حياة مدنية متطورة سريعة تعتمد فى نموها على الطبقة الوسطى .

وهذا الانتقال من حياة العصور الوسطى إلى حياة العصور الحديثة والذى تُسميه بالنهضة - لم يحدث فجأة وإنما جاء تدريجياً على مرحلة طويلة امتدت إلى ثلاثة قرون أو أكثر ( من القرن الثالث عشر إلى السادس عشر تقريباً ) .

ولقد زودنا عصر النهضة بتقدم هندسى كبير - خاصة على الصعيد الفكرى - عبّر عنه أحد نبهاء العصر وعباقرته ألا وهو ليوناردو دافنشى ( ١٤٥٢ - ١٥١٩ ) والذى عاش فى فلورنسا واستطاع بذكائه الخارق أن يطور مبادئ متعددة حين اتقن إلى جانب التصوير علوماً مثل الرياضة

والهندسة وعلم التشريح وعلم وظائف الأعضاء والنحت والموسيقى والشعر .. وقد قضى حياته في التجريب والتجديد ولم يكمل إلا قليلاً من التحف التي بدأها ..

وترتب على انطلاق الفكر في إيطاليا زمن النهضة أن قام البعض بأبحاث وتجارب وتنبؤوا بما عسى أن تكون عليه الصناعة والاكتشافات في المستقبل .. وكان ليوناردو في ذلك كله نصيب الأسد حيث ترك سجلاً حوى خمسة آلاف صفحة فيها رسوم رائعة وتصميمات من خياله وفكره لمصانع البنادق والمدافع والمكنات والتربينات والطائرات وغيرها مما أصبح حقيقة واقعة في القرون التالية .

وبالإضافة إلى ما تركه في هذا السجل الحافل أمكنه أن يقوم على الصعيد العلمي بدراسات مستفيضة لتصرف الماء أثناء حركته وعلاقته بالآلات والمعدات في استغلال طاقته والإفادة منها .

وقد صارت دراساته هذه فيما بعد أحد الأسس الهامة التي استند إليها علم الموانع الحديث .. واستتبع دراساته في السوائل أن يكون خبيراً بتصميم القنوات وإنشائها .. ولم تزل آراؤه عن بناء الأهوسة وطرق تشغيلها تحتفظ بنضارتها حتى هذا الزمن وبعد مضي أربعة قرون ونصف .

وكانت أعماله في الهندسة العسكرية والمدنية إنجازاً كبيراً أضاف للهندسة الكثير في زمانه حيث اضطلع بتصميم أنواع من أسلحة الحرب المختلفة كما تعاطت خبرته في بناء التحصينات الفذة وإقامتها . واستطاع ليوناردو دافنشي أن يكشف عن حذقه كمهندس معماري أصيل حين وضع تصميمه ودراساته لكاتدرائية مدينة ميلان .

ولما كانت النهضة بمعناها الضيق شغفاً واهتماماً بالفنون والمعارف والآداب فقد ساعدت هذه الآداب والمعارف والفنون رجال النهضة على أن يروا الحياة بأعين جديدة وأن يُنمّوا قيماً وافكاراً واتجاهات جديدة أدّت إلى نقد حياة العصور الوسطى وجعلت من النهضة حركة تقدمية دفعت الناس إلى العمل على خلق حياة أوسع من مجرد إحياء الآداب والفنون ومكنتهم من التعرف على اتجاهات لم يألّفها الفكر البشري في عصور ما قبل النهضة .

ولعل أهم تلك الاتجاهات والأفكار والمبادئ ، احترام ذاتية الفرد وتقديره وتمجيد قوته والاعتراف بحقه في أن يكون حُرّاً في التعبير عن نفسه قولاً وفعلًا في الأدب والفن والعلم وفي الكشوف وفي الدين . كذلك كان من الاتجاهات الجديدة النظرة المتفائلة للفرد إلى الكون والطبيعة والرغبة في التعرف على أسرارها وحل مشكلاتها .

وعبرت النهضة عن نفسها في قوة وجراحة في فنون التصوير والنحت والعمارة .. ففي التصوير عنى الفنانون بعنصر الحركة وتجرّءوا في النحت على الخروج على تقاليد العصور الوسطى . أما في العمارة فقد

أقام المهندسون القصور الشامخة والكنائس العظيمة وزيّنها بأجمل الصور وأروعها .

وازدهرت الصناعة في المدن الإيطالية ، واستخدم الإيطاليون آلات إدارتها الخيول كما استخدموا منذ القرن الرابع عشر قوة الماء ( طواحين الماء ) في إدارة الآلات وهو ما أخذت به إنجلترا في بداية حركتها التصنيعية في القرن الثامن عشر .

وترتب على التوسع الصناعى في بعض جهات إيطاليا نمو « النظام المنزلى » في الصناعة . فبعد ان كانت كل صناعة لها حرفة وتقابة يرأسها شيخ يتولى إحضار المادة الخام ويحوّلها بمساعدة عماله إلى سلع يبيعها بنفسه ، أصبح يوجد الوسيط أو التاجر الكبير الذى يشتري المادة الخام بكميات كبيرة ويُعطىها للعمال لصناعتها في منازلهم مقابل أجور خاصة ثم يأخذ المادة المصنوعة وبيعها بالسعر الذى يريده وهذا النظام هو اساس النظام الرأسمالى فيما بعد .

.....

وحيث كان هذا البعث الكبير لانتفاضة العقل الإنسانى من ثبات طال مداه خلال العصور الوسطى فقد بدأت الحقائق العلمية تتكشف الواحدة تلو الأخرى في ميادين الفيزيكا والكيمياء والعلوم الرياضية وسائر المجالات الأخرى التى غيّرت وجه الهندسة كلها وارتست دعائمها التى استقامت عليها كما نتطلع اليوم إليها في انبهار وإعجاب .

ولن أحدثك عن الأوجه النظرية للعلوم التى بدأ يطرقها الباحثون ولن أحدثك كذلك عن تكييف المخزون من المعلومات العلمية واستغلالها التطبيقى الذى بدأه فريق آخر من الباحثين .

ولن أحدثك بالتالى عن أولئك المهندسون الأوائل الذين دَعَمُوا الصلة الوثيقة بين العلم والهندسة خلال سعيهم العظيم لتحقيق افكار خطرت في عقولهم المضيئة وعرفوا بإصرار لا يعرف الكلل كيف يخرجونها إلى حيز التنفيذ .

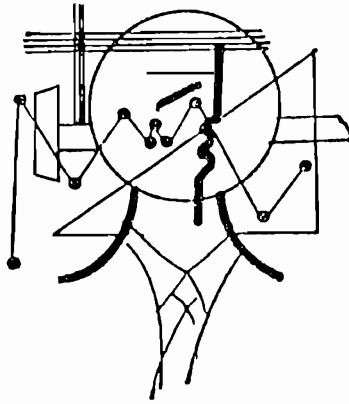
لن أحدثك عن « هنرى نيوكومب وجيمس وات » وآلتهما البخارية التى فجّرت الثورة الصناعية الأولى في أوروبا كلها وطوّرت حياة الناس وأفكارهم وأمالهم ..

لن أحدثك عن أبحاث الهندسة الكهربائية التى قام بجهد عظيم فيها « فاراداي » و « زيتوب جرام » وغيرهما والتى جعلت منها بناء متماسكاً مكتملاً باهر الأداء وأدخلت في استخدامات الطاقة استخداماً جديداً وعجيباً جعل من الصعائب المستحيلة ثمرات دانية القطوف كما كان مُنطلقاً لتمكين التكنولوجيا الحديثة من أن تسرع الخطى وتحدث اثرها البارع في حياة الناس .

لن احدثك عن جهود « جوزيف بريستلى » و « هنريك كافندش »  
و « اوجست كيكوك » و « و. ه. بركينز » وفريق هائل من العلماء  
والفنيين الذين كان لهم الفضل فى خلق هندسة الكيمياء وتثبيت ركائز  
المهنة الجديدة التى بدأت تظهر كفرع هندسى فى العقود المبكرة من القرن  
العشرين حتى احتلت مركزها الشرعى فى الإطار العام للمهنة .

وبعد عصر النهضة والتقدم فى كل الميادين يسرع الخطى ويتداخل  
ويتعقد ويتضح بطريقتى - يصعب إدراكها - غيرت شكل الحياة من  
أساسه وكان لها إلى جانب مميزات العظيمة أخطارها الكبرى أيضا .

والهندسة فى هذا كله تقوم بدور الريادة الخلاق وعليها يقع العبء  
الأكبر فى حماية حق الحياة للجميع بل وتعبئة الرفاهية فى « زجاجات »  
أو « صناديق » لتوزيعها على الناس توزيعاً عادلاً وأميناً يترجم بصدق كل  
الامكانيات الإعجازية التى انتجها التقدم الهندسى الحديث .



## الفصل الثاني

# التسلسل الزمني للعلوم والهندسة والتكنولوجيا

من الجدير بالذكر في معرض حديثنا .. أن تقدم الهندسة سار متابعاً للعلوم الطبيعية Natural Science ولكنه لم يكن متوائماً معها .. وذلك واضح من كون هذه العلوم الطبيعية أساساً ترتكز عليه حلول معظم المشاكل الهندسية ..

وبُوضّح الشكل البياني رقم ( ٢ - ٤ ) هذه الظاهرة .. والواقع أن هذا الشكل البياني يكاد يُصبح هو الفصل كله او محتوى مضمونه معادعانا لأن نتناوله بالشرح تفصيلاً ما أمكن .. إن نظرة فاحصة متأنية لهذا الشكل البياني تقودنا لأن نرى التقدم الكبير الذي حققته العلوم الطبيعية في نهاية القرن الثامن عشر ، ونلاحظ أيضاً ما تبعه من إنجازات واضحة في العلوم الهندسية في القرن التاسع عشر .. في الوقت الذي ارتبط فيه تقدم كل منهما بالتقدم الاجتماعي والسياسي للأمم والشعوب ..

دعنا الآن نُمكن نظرنا في الشكل البياني لنتتبع آثار هذا التقدم عبر الزمن .. ويمكننا أن نمضي في هذا التتبع وفقاً للتقسيم الآتي :

- ١ - تقدّم الهندسة
- ب - تقدّم العلوم الطبيعية
- ج - تطوّر الأمم

### ١ - تقدّم الهندسة :

ونلاحظه من أسفل إلى أعلى ، بينما يتقدّم الزمن على المحور الأفقي من اليسار إلى اليمين .. ويعرض البياني أبرز ملامح هذا التقدم مبتدئاً بها منذ ٤٠٠٠ سنة قبل الميلاد وحتى الألف الثاني بعده ، ثم يفرد في أقصى اليمين أهمها في القرن الأخير واضعاً إياها بمسمياتها ..

- ١ - فالعِدْدُ والمكنات بدأت منذ ٤٠٠٠ سنة ق.م بالعظام والاحجار ثم تقدّمت بطيئة جدا في صورة تحسين تدريجي للبرونز والصلب حتى تصاعدت فجأة في القرن التاسع عشر لتُحقّق تقدما مذهلا يُعبّر عنه البياني بالارتفاع المفاجيء في « خط التطور » ويلاحظ فيه تكاتف الابتكارات في كل لحظة زمن تالية . ثم يعرض في أقصى اليمين للملامح البارزة منه في القرن الاخير ويطلقها بمسمياتها كالاولاش والناقلات والمكنات الأوتوماتيكية وعِدْدُ السرعات العالية ومكنات توليد القوى والتحكم الإلكتروني في العمليات والمصانع .
- ٢ - وفي أعلى العِدْدُ والمكنات مباشرة يعرض الشكل البياني للتقدم الحادث في المباني .. والذي بدأ بالاهرامات في حوالى ٣٥٠٠ ق.م ، ثم تصاعد بطيئا أيضا ليشمل التطور الحادث في المعابد من حوالى ٥٠٠ ق.م حين بدأت فنون المعمار تغذى بناء القصور الذى تبعه تقدم ملحوظ امكن التعبير عنه في الكاتدرائيات ( لاحظ الارتفاع الحادث لخط التطور في مراحل المختلفة بالإضافة إلى الميل المتصاعد فيه ) . وبالإقتراب من نهاية الألف الثانية بعد الميلاد يحدث الارتفاع المفاجيء في خط التطور ليميّز عن التطور الكبير في المباني والذي يُسجّل أبرز ملامحه في ناطحات السحاب والمصانع والفنادق وهياكل الصلب .
- ٣ - أما الكبارى فقد بدأت منذ حوالى ١٠٠٠ عام ق.م بسقالة من خشب ، ثم حدث تطوّر كبير في حوالى ١٠٠ ق.م باستخدام العقد الحجرى واستمر التطوّر بنفس المعدل تقريبا (لاحظ ميل خط التطور) حتى سجّل معدلا خارقا ( الميل شديد الانحدار ) في القرن الاخير وقدم أبرز ملامحه في الكبارى ذات البحور الطويلة والكبارى المتحركة والكبارى من الخرسانة المسلحة ومُسْتِمَات الصلب والعقود ..
- ٤ - وفي الهيدروليكا يوضّح الشكل البياني تقدما بطيئا جدا في مجالات الري والصرف والقنوات والخزانات تبعه انتقال مفاجيء في معدل التطور في حوالى ١٧٥٠ م وسجّل أبرز وأهم ملامحه في القرن الاخير في السدود والظلمبات والتربينات والوقاية من الحريق .
- ٥ - والأعمال الصحية أيضا لم يلتفت إليها إلا منذ حوالى ١٠٠٠ عام ق.م فتقدمت ببطء شديد حتى اعتنى بها الرومان فسجّلت تقدما ملحوظا باستخدام المواسير وانظمة المجارى ثم انتكست متدهورة في حوالى ٥٠٠ م ( الميل العاكس لخط التطور ) ثم عادت لتبدأ تقدما بطيئا جدا في حوالى ٧٥٠ م . وبإدخال التحسينات عليها بدأت تحرز تقدما ملحوظا في حوالى ١٥٠٠ م باستخدام المضخات تبعه تقدّم آخر في حوالى ١٧٥٠ م باستخدام مواسير حديد الزهر لم يلبث ان استتبع بتقدم مذهل في القرن الاخير سجّل أبرز ملامحه في تنقية المياه والمجارى الصحية ومعالجة المجارى وسباكة المواسير والتخلص من الفضلات باستخدام الذرة والتحكم في تلوث الهواء .

٦ - وفي مجال النقل يوضح الشكل البياني أنه بدأ فيما قبل الميلاد بالجمل والمركب المسطح والعربة الصغيرة التي تجرها الخيل (الكرتة) وهي وسائل لا دخل لها بالتقدم الهندسي .. كذلك يوضح ان الهندسة لم تدخل الطرق في إطارها إلا في حوالي ١٠٠ ق.م ثم حققت تقدماً كبيراً في عهود الرومان لم يلبث أن انتكس ( الميل المعاكس ) فبدأت من جديد بتطور شديد البطء حقق تقدماً ملحوظاً في استخدام المركب في حوالي ١٢٥٠ م - تبعه بتقدم آخر في حوالي ١٥٠٠ م عبرت عنه المركبات ذات العجلات حتى ١٧٥٠ م تقريباً حيث بدأ التطور يُسجل معديلاً خارقاً ( الميل شديد الانحدار ) سجل أبرز ملامحه في الطائرات والسيارات والطرق السريعة والقاطرات الكهربائية والسفن البخارية والملاحة التلقائية والنفثة والدفع النووي والدفع الموجه والصواريخ والقذائف .

٧ - وفي علم الفلزات ( الميتالورجيا ) يوضح الشكل البياني البطء الشديد في تقدمه الذي بدأ بالسبائك الطبيعية وشمل في حوالي ١٥٠٠ ق.م التطبيع . وفي حوالي ٥٠٠ بعد الميلاد « صلب بليستر » حتى بدأ منذ حوالي ١٣٠٠ م بتحقيق معدلات أكبر للتقدم في الحديد الزهر ثم القرن اللافح ثم الدرفلة وحقق في القرن الأخير تقدماً كبيراً جداً سجل أبرز ملامحه في المعالجة الحرارية والسبائك والألومنيوم وغيرها .

٨ - وفي مجال القوى يوضح الشكل البياني أنها استمرت بشرية زماناً طويلاً حتى استعان الإنسان بقوى الحيوان والماشية .. وفي حوالي ٥٠٠ م أمكنه أن يفيد من قوى الخيل حتى ٧٥٠ م حين أفاد بالقوى المتولدة عن الفحم الحجري فبدأ من هذه اللحظة تقدماً كبيراً في استخدام القوى تبعه بتقدم آخر ( مع فجر الثورة الصناعية ) حين أمكن استحداث آلات البخار التي لم يلبث أن استتبعها بتقدم خارق ( الميل شديد الانحدار ) سجل أبرز ملامحه في البخار ذي الضغط العالي والكهرباء والترينيات البخارية وآلات الاحتراق الداخلي والترين الغازي والمفاعلات الذرية والشمسية ..

٩ - وينهى الشكل البياني عرضه للتقدم الهندسي بمجال آخر هو مجال المواصلات فيشير إلى بدايتها بالعدائين واستخدام الإشارات النارية عن بُعد حتى كانت الحروف الأبجدية في حوالي الألف الأول قبل الميلاد نقطة تطور كبيرة بالنسبة لما سبقها . ثم جاءت الطباعة في حوالي ١٤٠٠ م فأحدثت تطوراً كبيراً آخر تزايد بعد ١٧٥٠ م بتتابع سريع حتى بلغ حداً مذهلاً من التطور في القرن الأخير ( يكاد ميل خط التطور يقترب من اللانهاية ) سجل أبرز ملامحه في المبرقة الكاتبة والراديو والتليفزيون والتليفون السلكي واللاسلكي والتلفراف ..

## ب - تقدّم العلوم الطبيعية :

- العصر الحجري [ ٤٠٠٠ ق.م - ٢١٧٠ ق.م ]
  - العصر البرونزي [ ٢١٧٠ ق.م - ١١٥٠ ق.م ]
  - العصر الحديدي [ ١١٥٠ ق.م - ١٨٥٠ م ]
  - عصر المكثات [ ١٨٥٠ م - الآن ]
- ١ - ثم يعرض للعلوم الطبيعية على المحور الرأسي مُبتدئاً بالتطور الحادث في مجال نظم القياس .... وهو لا يُسجّل فيه اى تقدم حتى ١٢٥٠ م مكتفياً بإيضاح وسائل القياس المستعملة فيما قبل ذلك كالوحدات البدائية وخطوة الجمل او خطوة الإنسان او الجروما وذلك من الميلاد حتى ١٢٥٠ م ، حيث بدأ التطور الحقيقى يتتابع باستخدام البوصلة والياردة القياسية والنظام المترى حتى بلغ معدلاً خارقاً في القرنين الأخيرين ( الميل شديد الانحدار في خط التطور ) وسجّل ابرز ملامحه في أجهزة انقياس الموازين الحساسة والترموتر والميكرومتر ومُحدّدات القياس الإلكترونية .
- ٢ - بلى ذلك الفيزيكا وقد بدأت بكمية كبيرة نسبياً من المعلومات التى تضمّنتها الفلسفة الطبيعية في حوالى ٤٠٠ ق.م ثم استمرت بتقديم بطيء جدا ( ميل خط التطور يكاد ينعدم ) فشملت المغناطيسية والعدسات حتى بعد ١٥٠٠ م حين بدأ التطور يتتابع قوياً باستجلاء فيزيكا البترول والغازات والجاذبية الأرضية إلى أن سجّل معدلاً خارقاً في القرنين الأخيرين ( الميل شديد الانحدار في خط التطور ) سجّل ابرز ملامحه في الحرارة والضوء والصوت والكهربا والموجات والأشعة والجسيمات دون الذرية .
- ٣ - ولا يُسجّل الشكل البيانى للميكانيكا اى تقدم إلا في حوالى ٢٠٠ ق.م حين أمكن تطوير البكرة والترس والرافعة مكتفياً - فيما قبل ذلك - بذكر الرافعة والمستوى المائل والخابور والعجلة التى شاع استخدامها طوال الفترة التى سبقت هذا التاريخ . اما فيما بعده فيستمر التطور عند النقطة التى بلغها في ٢٠٠ ق.م حتى يتدافع نحوه التطور الحادث في القوى ودراسة الحركة والهيدروليكا وأبحاث الاجهاد والانفعال ( لا حظ تناظر التقدم على الخطوط الراسية في الشكل البيانى في هذه المجالات الهندسية وتأثيرها المتبادل ) ، ويستمر التقدم بعد ذلك بمعدل كبير جداً ليسجل ابرز ملامحه في القرنين الأخيرين في مجالات تحليل الاجهادات واختبار المواد ونظرية المرونة ودراسات الكينماتيكا .
- ٤ - اما الكيمياء فقد بدأت بالسحر الذى ساد العصور القديمة كلها حتى دخلتها بعض الفنون التى اكسبتها صفة العلم في حوالى ٤٠٠ ق.م واستمرت كذلك حتى ٧٥٠ م حين وُضعت أسس الكيمياء القديمة التى انتشرت دون تطوير يذكر حتى القرنين الأخيرين حيث بلغ التقدم

فيها معدلاً حاراً، سجّل أبرز ملامحه في دراسات وابحاث وتجارب العناصر والذرات والأيونات والمواد العضوية .

هـ - ثم يختتم الشكل البياني عرضه بالتقدم الحادث في الرياضيات والذي بدأ بالهندسة في حوالى ٤٠٠ ق.م واستمر كذلك حتى اضيفت بعض المبادئ الأولية للجبر إليها في حوالى ٥٠٠ بعد الميلاد . ثم كان حساب المثلثات في حوالى ٧٥٠ م نقطة تطور كبيرة في الرياضيات تبعها بعد ذلك تطور آخر حين عُرفت اللوغاريتمات في حوالى ١٢٥٠ م ثم تتابع التطور بعد ١٥٠٠ م حين وُضعت أسس الهندسة التحليلية فالتفاضل والتكامل لم يلبث التطور بعدها أن حقق معدلاً كبيراً ( الميل المنحدر لخط التطور ) سجّل أبرز ملامحه في تحليل الموجات والدوال الزائدية والرياضة العالية .

### ح - تطوّر الأمم :

وهذه مرحلة جديدة يُقدمها الشكل البياني بتقسيم جديدة على المحور الافقى هو التقسيم التاريخي للعصور .. ويُميّز فيها مراحل ثلاثاً :

● العصور القديمة [ ٤٠٠٠ ق.م - ٥٠٠ م ]

● العصور الوسطى [ ٥٠٠ م - ١٤٠٠ م ]

● العصور الحديثة [ ١٤٠٠ م - الآن ]

ونُحِبُّ هنا ان نُسجّل هذه الملاحظات وفقاً لترتيب الزمنى الآتى :

#### ١ - العصور القديمة

● الأزمنة الأولى من العصور القديمة :

انتشرت فيها القبائل البربرية البدائية التحضر ، كما ظهرت إلى جانبها حكومات المدن .

كما بدأت مصر في توازٍ حضارى مع بابل منذ ٤٠٠٠ ق.م باستقلال واضح المعالم وأداء مُتميّز الشخصية .

ويُلاحظ ان كل انواع التطور المبدئية في مجالات العلوم والهندسة كانت نتاجاً للتطور الحادث في هاتين الحضارتين .

ويُعبّر الرسم البياني عن العصر البربرى لوسط وشمال اوربا وهو عصر لم تتحدد فيه الشخصية الاوربية بعد - بالخط المتقطع والذي سار متوازياً مع مصر وبابل .

● الأزمنة الوسطى من العصور القديمة :

وقد ازدهرت فيها الحضارة الآشورية والفينيقية والسورية كما استمرت فيها حضارة مصر والبابليين .

وبدأت الملامح الأولى لبلاد فارس تأخذ في التميز والوضوح .. تماماً كما حدث بالنسبة لليونان .

ويُلاحظ من التناظر الراسى ان هذه الحضارات الجديدة لم تأت إلا باليسير في مجالات التطور المختلفة .

● الأزمات الأخيرة من العصور القديمة :  
وقد ازدهرت في ثُلثها الأول حضارة اليونان التي استمرت أيضاً  
معظم الثلث الثاني من هذه الفترة ..  
ويُلاحظ من التناظر الرأسي أنها قد جاءت بالكثير في مجالات  
الرياضيات والفيزياء ( الفلسفة الطبيعية ) . وينتهي بالقرب من  
نهاية الثلث الأول الدور الذي أدّته كل من مصر وبابل وآشور يليه  
الدور الذي لعبته سوريا وفينيقيا .  
كما تحدّدت معالم الشخصية الفارسية في الوقت الذي بدأت فيه  
الملاحم الرومانية تتميّز بينما ظل وسط وشمال أوروبا بحالة عدم التميّز  
السابق ذكرها .

وحيث ينتهي الدور الفارسي واليوناني قُرب نهاية الثلث الثاني من هذه  
الفترة تقوى الشخصية الرومانية جداً حتى يطلق على العصر كله :  
« عصر السيطرة الرومانية » .

ويُلاحظ هنا من التناظر الرأسي هذه الإضافات الحادثة في أغلب مجالات  
التطور العلمي والهندسي وعلى الأخص ما حدث منها في مجالات المبانى  
والكبارى والأعمال الصحية والنقل .  
ويُمثل الثلث الأخير من هذه الفترة سقوط أوروبا وخضوعها للسيطرة  
الرومانية كمقاطعات تحت الحكم الرومانى .

## ٢ - العصور الوسطى

وتمتاز هذه الفترة ببدايات « التميّز الدولى » للمقاطعات الرومانية  
حيث ساد في أوائلها عصر عدم التفرقة الذى مكّنت فيه الدولة  
البيزنطية سيطرتها الكاملة .

ويُلاحظ من التناظر الرأسي هذه الإضافات الحادثة في مجالات  
الرياضيات والكيمياء والقوى والفلات والمبانى والكبارى في الوقت  
الذى نرصد فيه أيضاً ذلك التخلف الحادث في مجال النقل والأعمال  
الصحية ولعل الفحم الحجري ( القوى ) هو أبرز الآثار التطورية في  
هذه الفترة .

ويبدو التميّز الواضح للدول الوليدة في النصف الثاني من هذه الفترة  
حيث ظهرت روسيا وإنجلترا وفرنسا وأسبانيا وبروسيا ( التى  
أصبحت في النصف الثاني من القرن التاسع عشر ألمانيا ) ، كما بدأت  
الشخصية النمساوية والهولندية والإيطالية في التميّز والوضوح .

ويُلاحظ من التناظر الرأسي هذا التقدم الكبير في كل مجالات العلوم  
والهندسة بلا استثناء ، ولعل الطباعة هى أبرز إنجازات هذه الفترة  
واعظمها أثراً .

والذى لا شك فيه أن ذلك التميّز الكبير بين الدول كان الحافز  
الأساسى وراء هذا التقدم نظراً لمحاولة كل منها تملك زمامه وسبق  
أقرانها ..

### ٣ - العصور الحديثة

وقد رسخت فيها الدول السابق ذكرها كما قوى الدور الذى تلعبه كل منها مما كان له اثره فى تتابع إضافات التقدم فى كل المجالات .  
وهناك تطوّر كبير فى منطقة التناظر الراسى المقابل لعصر النهضة والذى كانت الإمارات الإيطالية رائدة له .

ويلاحظ أن المعدلات الخارقة للتطور والمعبّر عنها بالميل الشديد للانحدار لخط التطوّر فى كل مجالات العلوم والهندسة قد صاحبت ظهور أمريكا فى الثلث الأخير من العصور الحديثة أى فى نحو ١٧٥٠ م وانطلقت بمعدّلها المذهل من هذه النقطة أو ما بعدها .

ولا بد أن يكون واضحاً أنه وإن كانت أمريكا هى رائدة التقدم الحادث فى هذه الفترة فإن هناك جهوداً لا يمكن اغفالها لكثير من الدول الأخرى وفى مقدمتها روسيا واليابان وإنجلترا وفرنسا وألمانيا ...

ولعلك تلاحظ الآن قوة الشكل البيانى فى عرضه الموجز والواضح أيضاً لكل ما فصلناه أمامك من شرح لمضمونه ومحتواه وهنا تبدو أهمية استخدام البيانات - كوسيلة تعبير - فى توقيع المعلومات بأوضح مايمكن وباكثر الطرق اختصاراً أيضاً ..

... ..

ويلاحظ فى استعراضنا السابق للشكل البيانى أننا لم نفعل أكثر من « قراءة » أى أننا افردناه أمامنا واخذنا « نقرؤه » محاولين عدم إغفال أى دلالة من دلالاته .

وبناءً على ذلك .. فالأمر يحتاج لعرض - ولو سريعاً - للعلامح الرئيسية فى تاريخ الهندسة مرتبطاً بارتفاع الأمم والذى يعرضه الشكل البيانى رقم ( ٢ - ٤ ) متجمعاً طبيعياً حول خطوط هامة من التقدم فى المجالات التالية :

أولاً : العدّد والمكنات .

ثانياً : المباني .

ثالثاً : الكبارى ( الجسور ) .

رابعاً : الهيدروليكا .

خامساً : الأعمال الصحية .

سادساً : النقل .

سابعاً : الميتالورجيا

ثامناً : القوى .

وفيما يلى شرح للتطورات الحادثة فى كل من هذه المجالات :

## أولاً : العِدد والمكنات

تُمثِّل الآلة وسيلة الانجاز لآى عمل بجهد بشرى اقل .  
وقد كانت القوة العضلية للإنسان البدائى وسيلته الوحيدة للقيام بالأعمال المختلفة التى يحتاجها فى حياته اليومية .  
وقد يَسَّر له كشفه للرافعة زحزحة الأحجار والكتل الخشبية الضخمة ورفعها وبذلك أمكنه تخفيف بعض ما كان يلاقيه من إرهاق فى أداء هذه الأعمال الشاقة .

ولم يكن مُتوفراً لديه من خامات صنع ادواته الأولية سوى الأخشاب والعظام والأحجار التى صنع منها القواطع والمطارق .. ( وقد وجدت مع الحفريات التى توصل إليها علماء الآثار ... كما أن العِدَد البدوية والمقصّات والمناشير .. وحتى المخارط البدائية وجد منها ما يرجع تاريخه للعصور الأولى ) .

إن تقدم العِدَد ارتبط بتقديم المواد المستعملة فى صنعها .  
وقد فسّر الفيلسوف الإغريقى « أرسطو » عام ٣٥٠ ق.م التطبيقات المختلفة للرافعة والخابور والبكرة والونش وغيرها ... كما وصف « فيثيوفوس » فى عهد « أوجستوس قيصر » فى كتابه « عشرة كتب عن المعمار » العجلات المسننة ونقل الحركة بين التروس ... إلا أن التقدم فى صناعة الأخيرة لم يزدهر إلا بعد انتاج الأنواع الجيدة من الحديد .

إن تقدم الآلة سار بطيئاً مُتتافلاً يخضع للتلقائية والمصادفة .  
إلا أنه بدأ يفرض نفسه حين ارتكز على دعائم راسخة من العلم المتقدم يسندها الإلهام المبدع الذى تفيض به قرائح العلماء .  
فكان عصر البخار الذى غير مفاهيم العمل الآلى وقلب نظام الانتاج بدخول الآلة البخارية وآلات تشغيل الطاقة ..

وبالكشف عن طاقة الكهرباء والبتترول تفتحت امكانيات جديدة للآلة عَبَّرت فيها عن نفسها بما يتناسب وقدرات الطاقات الوليدة واحتمالات تشغيل كل منها .

وكان استخلاص الحديد الزهر وابتكار الطرق الرخيصة لصناعة الحديد المطاوع مساهمة جادة وحاسمة فى تقديم مادة الصُّنع لهذه الآلات والمكنات .

### ١ - مكنات تشغيل الخشب :

- ظَلَّت عِدَد تشغيل الأخشاب إلى عهد قريب من البساطة والرخص بما يكفى لسد حاجة الورش الفردية .
- كان ذلك حتى نهاية القرن الثامن عشر حين اخترع « صمويل ميلر »

المنشار الدائرى عام ١٧٧٧ وتلاه « ويليام نيويرى » باختراع المنشار الشريطى عام ١٨٠٨ .

- وفى عام ١٨١٩ اخترع توماس بلاشارد مخرطة للأخشاب غير المنظمة والتي جعلها « ماتيسون » تعمل أوتوماتيكياً .
- وظل التقدم فى هذا الميدان يتواكب بعضه أثر بعض كلما تقدّمت التكنولوجيا وأساليب التطبيق العملى للعلم .

#### ب - مكّنات النسيج :

- تُعدّ صناعة الغزل والنسيج من أقدم الفنون التى مارسها البشر .. إلا أن الطرق الآلية للنسيج - التى ظهرت فى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر - جعلت المنسوجات أجود وأرخص كما أنها وفّرت كثيراً من المجهود والوقت .
- وفى العصر الحالى أصبحت عمليات الغزل والنسيج والقطع والحياكة تجرى آلياً يدعمها مباشرات عمالية بسيطة ... وشملت تلك العمليات تصنيع القطن والصوف والكتّان والحرير كخامات أولية .
- وفى ذلك بالطبع توفير لعناصر :  
الزمن ، المجهود ، التكلفة ، الجودة .

#### ج - مكّنات تشغيل المعادن :

- فى منتصف القرن الماضى - ورغم حدوث التقدم الكبير فى صناعة التشغيل للمعادن فى القرن الحالى فقط - استطاعت المطرقة والمكبس ذو الطاقة أن يحلّا محل سندان وفرن الحداد القديم .
- ومما هو جدير بالذكر أن تقدم الآلة البخارية كان دافعاً لتقدم المخرطة الآلية من حيث الدقة لأنها كانت مطالبة بأن تمدّ الآلة بمستلزماتها من الاسطوانات وسائر القطع الأخرى المنتجة على المخرطة .
- كذلك وضع التقدّم فى صناعة المقاشط والمثاقب ومكّنات قطع التروس من حيث التصميم ...
- ومن حيث التجديد فقد ظهرت المكّنات التى تؤدى عمليات أوتوماتيكية بحيث تُنتج عددًا كبيرًا متماثلًا من نفس الوحدة دون احتياج لمراقبة بشرية ثم اخترع « أمبروز سوازى » بعد ذلك مكّنة قطع التروس الدائرية .

ولعل من أهم عوامل التقدم فى إنتاج عدّد المكّنات :

ازدياد دقة الميكرومترات وأجهزة القياس الأخرى ، وتعدّد زيوت التشحيم الناتجة من البترول وإحلالها محل الدهون الحيوانية .

ومن الصعب أن نحصر على وجه الدقة التقدم الحادث فى تصنيع المكّنات وتشغيل المعادن بواسطتها فى القرن الأخير ،

غير أنه في الامكان أن نقول :  
إن ذلك التقدم هو دعامة أساسية تركز عليها حياتنا المعاصرة ..  
ولا يمكنها الاستمرار بدونها ...  
لأنها صارت ضرورة لازمة يُصبح الاستغناء عنها هو الاستغناء عن  
الحضارة البشرية ذاتها ...

## ثانياً : المباني

### ١ - عمليات البناء :

شيد الأقدمون إبنيتهم ومعابدهم الضخمة عن طريق تجميع أجزاء  
متفاوتة الحجم من الحجارة .. وُعطينا الهرم الأكبر مثلاً واضحاً في هذا  
الصدد ( ٢٠٠٠ سنة ق.م ) وهناك أمثلة أخرى كالبارثيون في اليونان  
( ٤٤٠ سنة ق.م ) والكولوسيوم في روما ( ٨٠ سنة ق.م ) .

ولقد استعمل الإغريق مونة الجير وتوصل الرومان من بعدهم إلى  
استخدام مونة الأسمنت الهيدروليكي .  
واستطاعوا أن يُبدعوا القباب ويُشيدوا القصور والمسارح والحمامات  
برونق وجمال آخاذ .

كذلك استخدم المصريون القدماء الزجاج واقتفى اثرهم الفينيقيون  
في تطوير صناعته باكتشافهم عملية نفخه .. وتلاه الرومان إذ صنعوا  
الالواح الزجاجية للنوافذ ذات الأحجام الكبيرة .  
ولم يكن السقف الخشبي منتشرًا إلا أن القراميد كانت تُمثل اهم  
عنصر للتسقيف .

### ب - المواد قديماً :

شُكِّلَت الاخشاب مع الطوب النيء والأحجار - بالنسبة للإنسان  
قديمًا - المواد الأساسية لعمل كل ما يرغب ويريد .

وحيث لم تكن هناك أدوات للصنع ... كان لابد لطرق التشكيل  
وسائل النقل وامكانية الحصول على المواد أن تظل خشنة ومُضنية  
وبدائية .

فاختار الأقدمون الصخور الرسوبية للبناء نظراً لسهولة تشكيلها إذا  
ما طرقت بحجر أصلد .

واستخدموا الطوب النيء في المنطقة الجافة من مصر والتي في غيبة  
الصقيع والمطر استمرت على مدى أربعة آلاف من السنين محتفظة  
بما عليها من نقوش .

وقد استخدموا التبن والكلأ ( الحشائش ) في خلط عجينة الطوب  
لزيادة تماسكها .

ويُقال إن الرومان ابتدعوا حرق الطوب داخل أفران .. إلا أنه بالرجوع إلى تاريخ بناء برج بابل تقابلنا هذه العبارة :  
« لنعمل الطوب ونحرقه جيداً »

وفي ذلك إشارة إلى أن البابليين هم الذين ابتكروا الحرق .  
وقد استخدم الخشب مُشَبَّهًا بعضه في بعض بخوابير خشبية ثم بالمسامير الحديدية ( حوالى سنة ألف قبل الميلاد ) .. إذ يُقال إن معبد سليمان كان مُجهَّزاً بمسامير حديدية لتثبيت الأبواب والمفصلات .

### ج - الأسمنت :

لم يكن الأسمنت - في عهد القياصرة - ليزيد عن كونه رماداً بُرْكَانِيًّا وجبراً مطحونين معاً إلا أنه كان يتمتع بالخاصية الهيدروليكية أى الشك والتصلد تحت الماء .

واستطاع الرومان في ذلك العصر أن يفيدوا منه في أبنيتهم .. ولم تظهر أية تحسينات في صناعة الأسمنت حتى عام ١٧٦٠ حين ابتكر « جون سميتون » خليطاً من الجير والطين يكتسب بعد حرقه وطحنه خاصية التصلد تحت الماء .

وواصل « جوزيف أسبدن » بعده دراسة هذا الخليط متناولاً إياه بالتحسين وترقية الخواص حتى أطلق عليه عام ١٨٢٤ لقب « الأسمنت البورتلاندى » نظراً للتشابه بين الخرسانة الناتجة من هذا الأسمنت وصخور منطقة بورتلاند بإجلترا .

وبزيادة التوسع في صناعة الأسمنت وتطوره تعددت أنواعه .. فهناك الأسمنت المقاوم لماء البحر .. والأسمنت الحديدى .. والأسمنت المقاوم للمواد الكيميائية إلى جانب الأسمنت البورتلاندى السريع التصلد ..

### د - الخرسانة المسلحة :

منذ زمن بعيد استخدمت قضبان الحديد في أعضاء المنشآت الخرسانية الرقيقة ولم تتعدّ وظيفة الخرسانة بها سوى كونها مظهرًا فقط .

أما عن النظرية الحديثة لاستخدام الصلب مع الخرسانة بحيث تتحمل الأخيرة أجهادات الضغط بينما تتحمل أسياخ الصلب أجهادات الشد للحصول على أعلى كفاية ممكنة فلم تظهر إلا في القرن التاسع عشر .

وفي عام ١٨٩٠ حاول مهندسان ألمانيان تفسير الظاهرة التى تجعل حديد التسليح الموضوع أسفل كمرّة بسيطة يُقاوم أجهادات الشد بينما تقاوم الخرسانة الضغط أعلاها ...

ومنذ ذلك الحين خطا التقدم في الأبحاث العملية والتعمق في التحليلات النظرية وتنقيحها خطوات واسعة مما أدّى إلى استعمال الخرسانة بصورة أكثر شمولاً في الأنواع المختلفة من المنشآت .

## ٥ - الطريق القديمة للإنشاء :

كانت القوة العضلية قديماً هي الوسيلة الوحيدة لأداء العمل ... وبالطبيعة .. لم يكن أمام عمليات الإنشاء من طاقة لأدائها سوى الجهد الإنسانى المبذول والقدرة البشرية .

وترتب على ذلك استغلال قوى بشرية هائلة لانجاز عمليات الإنشاء الضخمة ...

ويذكر « هيرودوت » ( ٥٠ ق.م ) أن الهرم الأكبر ( ٣٠٠٠ سنة ق.م ) استلزم لإنشائه جهد ما يقرب من ١٠٠.٠٠٠ عامل ( مائة ألف عامل ) لمدة ٢٠ عاما .

كذلك استخدم ما يزيد على ٣٠ ألف عامل في إقامة معبد سليمان ( ١٠٠٠ سنة ق.م ) .  
وقد كانت الأحجار تُقَطَّع بإدخال الخواير بين طبقتين من الصخور او في ثقب بها .

وفي حالات أخرى استخدمت خواير خشبية جافة مع تشبيعها بالماء فتتمدد وينتج عن ذلك تشقق الصخور .

ولم تكن الأدوات المستخدمة لتزيد عن كونها بدائية بسيطة وخالية من التعقيد كالسكاكين والمناشير الخشنة الصنع من البرونز والحديد .. ثم بعد مدة من الصلب .

... ..

ولم تكن هناك احتياجات امن حرصاً على حياة العاملين ... فقد تركت الانفاق بلا سقوف ولا دعائم تقيها شر الانهيار .. هذا فضلاً عن سوء التهوية الذى فرض على المناجم جواً خانقاً لا يطاق ... ولم يكن هناك بد - نظراً لقسوة العمل وفظاظته والأخطار المحيطة به - من أن يُنظر إليه كعقاب يجازى به المجرمون والخارجون على عُرف المجتمع وتقاليده وقيمه ... كما لم يُرحم العبيد من هذا العمل باعتبارهم طبقة مردولة لا يجب أن تعامل معاملة أفضل من تلك التى يعامل بها الحيوان .

## ثالثاً الكبارى (المسور)

ونحبّ ان نسأل انفسنا في البداية :

كيف طرات فكرة الكوبرى على الذهن البشرى الاول ؟

وكيف أدخلها حيّز التنفيذ ؟

لعله لاحظ أحد الكبارى التى تصنعها القردة حين تمسك ببعض البعض لينتقل أفرادها بين أعالي الأشجار من واحدة لأخرى ، ولعله أراد محاكاتها بإقامة الكبارى المعلقة من غصون الأشجار وفروعها .  
ولعل الطبيعة قدّمت الفكرة والتطبيق حين اقتلعت الريح شجرة

ذات يوم وألقت بها بطريق المصادفة عَبرَ هوة واسعة عميقة القرار امكن للإنسان في عصوره الأولى ان يعبر عليها - ولأول مرة - من جانب لآخر بسهولة ويسر .

وسواء اكانت الكبارى الأولى في العالم قد اقيمت على هذا النحو او ذلك فإن الإنسان الأول حين أراد أن يُدخل فكرة الكوبرى ( الجسر ) إلى حيز التنفيذ بداها بسقالة من خشب تطورت فيما بعد إلى كوبرى خشبى أيضا .

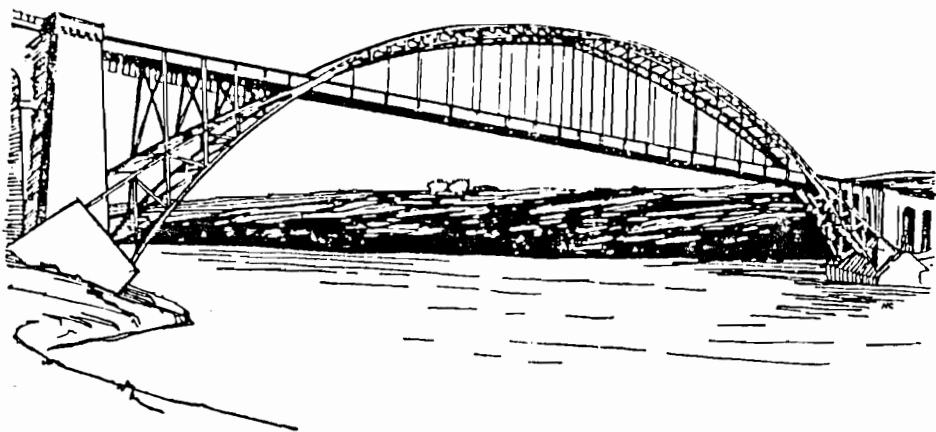
إلا أنه سرعان ما استخدم الرومان الحجارة في عمل الكبارى المقوّسة على المسطّحات المائية الواسعة . . وعندما قابلتهم مشكلة غرس الدعامات تحت منسوب الماء لجأوا إلى تغيير مجرى التيار أثناء مُدّة العمل ثم إعادته بعد الانتهاء .

وبعد الرومان تقدمت امكانية الاقامة والتشييد في ميدان الكبارى الحجرية المقوّسة غير أن ذلك التقدم لم يزدهر إلا بعد العصور الوسطى . وقد حلت الخرسانة في القرن الحالى محل القطع الحجرية نظرًا لرخص ثمنها .

وكان للتقدم المستمر في صناعة الحديد واستخدامه في الميادين الإنشائية فضل كبير في أن تتحول الهياكل الخشبية للكبارى - والتي استخدمت لعدة قرون - تدريجيًا إلى حديدية . واغلب الظن أن الهند هي البلد الأول الذى استخدم الكبارى المحمّلة على سلاسل حديدية .

ولقد ظهرت في منتصف القرن التاسع عشر رسالة الأمريكى «سكوايرويل» في حساب الاجهادات في أعضاء الهياكل وأصبحت مرجعًا هامًا في تشييد وإقامة الكبارى فيما بعد .

وبعد ذلك أخذ التقدم في تصميم الكبارى من حيث الرنق الفنى والتحمل يُحرز تفوقًا زادت معدلاته في القرن الاخير .



( شكل رقم ٢ - ٥ ) - كوبرى حديد يمر فوق نهر فالين - بفرنسا أنشئ عام ١٩١٠

## رابعاً : الريدروليب

لم تكن معلومات القدماء في ميدان خواص السوائل تتمددى أن الماء يتجه من المستوى الأكثر ارتفاعاً إلى المستوى الأقل ، وبرغم هذا فقد بنوا أعمالاً للرى والصرف واسعة النطاق وأقاموا شبكات مد المدن بالمياه كما شقوا القنوات الملاحية .

ومن مظاهر التقدم في الميدان الهيدروليكي بحيرة « موريس » ( ٢٢٠٠ سنة ق.م ) التى كانت بمثابة مستودع عظيم لمياه الرى بعد حفر القناة التى كانت تصل ما بين نهر النيل ومنخفض مجاور بين المرتفعات المتوسطة ، وكانت وظيفتها مد المنخفض بمياه النيل أثناء الفيضان . وهناك أيضاً القناة التى حفرت لتصل نهر النيل بالبحر الأحمر . . . . . بدأ العمل فيها عام ١٤٠٠ ق.م . . . . . ثم استكمل حفرها عام ٦٠٠ ق.م . ثم تركزت وقد لاقت ١٢٠٠٠ نفس حتفها أثناء عمليات الحفر . . . . . إلا أن « بطليموس الثانى » حفرها عام ٣٠ ق.م فأخذت شكلها النهائى بالأبعاد : ٣٠ متراً عرضاً ، ١٢ متراً فى العمق ، ٦٠ كيلومتر فى الطول تقريباً .

ودليل آخر ينهض على تقدم الأعمال الهيدروليكية يتمثل فى شبكة قنوات الملاحة والرى بمنطقة دجلة والفرات . ومنذ ذلك الزمان خيم الركود على علم الهيدروليكا حتى النصف الثانى من القرن ١٨ حين فسر المهندس الفرنسى « انطون شيزى » عام ١٧٧٥ الأسس المتحكمه فى انسياب المياه فى القنوات المكشوفة . . . . . وبعد ذلك أحرزت الهيدروليكا تقدماً ملحوظاً حتى استقامت كعلم له قواعده وأصوله .

## خامساً : الأعمال الصحية

### ٢ - الصرف

حُفرت المصارف منذ القدم لتصريف الزائد من مياه الأمطار والمتخلف من الاستعمال المنزلى .

ومن المصارف ما طواه الزمن بفعل عوامل المناخ ومنها ما هو متبقٍ مثل « الكواكاماكسيما » وهو المصرف العظيم الذى حُفر عام ٦٠٠ ق.م . لصرف مياه الأرض الرطبة للتلل المحيطة بروما . . والطريف أن استعماله لا يزال قائماً حتى الآن . . وهو مُغطى بسقف على شكل قوس من صخور الالفا الكبيرة الحجم لا يدعم تماسكها أى نوع من المونة .

وحتى القرن التاسع عشر لم يكن من مكان للقمامة والفضلات المنزلية سوى الشارع تنقل منه لمناطق الحرق . . إلا أن القوانين المحرمة

لهذه العملية واجبار الأفراد على تفريغ الفضلات الادمية في المجارى العامة قد ابطال هذه الوسائل البدائية .

## ب - الشبكات العامة لمياه الشرب

حرص كثير من المدن القديمة على إنشاء شبكات لمياه الشرب ، إلا أن الرومان كانوا أكثرهم تقدما في هذا الميدان . ولم تكن هذه الشبكات القديمة قائمة على سريان المياه تحت ضغط خلال المواسير .

وإنما تعتمد في الدرجة الأولى على سريانها بفعل الجاذبية كأن يجعلوا مستودع المياه في مستوى مرتفع عن مناطق الاستهلاك .

ولقد أمكن العثور على آثار موصلات المياه المبنية بالطوب والتي كانت تمتد الأحياء الراقية من روما القديمة ( منطقة السهول المحيطة بالمدينة الحالية ) عن طريق مواسير رصاصية وفخارية . . اما العامة فكانت لهم فناطيسهم ينقلون منها حاجتهم بواسطة الأواني الفخارية إلى منازلهم .

وكانت مصادر المياه قديما مقصورة على المجارى المائية الجبلية والبحيرات . . ولم تكن من وسيلة لتنقية المياه سوى الترسيب . . إلا أنه نظراً لعدم استطاعة تخليص المياه من المواد الضارة والأحياء الميكروسكوبية . . فلم يكن الماء صحياً تماماً .

وتوالت السنوات ولم يحدث ثمة تقدم في عملية إمداد المدن بالمياه فيما عدا إدخال المواسير المصنوعة من الحديد الزهر والمضخة البخارية مما أدى إلى توفير طرق أسهل وأضمن لسلامة المياه المنقولة ثم كان اكتشاف البكتيريا قرب نهاية القرن التاسع عشر بمثابة إلقاء ضوء على أهمية تنقية مياه الشرب . وكرد فعل سريع ظهر أول مرشح رملي في أوروبا عام ١٩٨٠ ما لبث أن نقلته أمريكا وأدخلت عليه التحسينات لضمان التخلص من البكتيريا .

وقد كانت المراحل الأولى تشغل مساحات واسعة مع أن انتاجها لم يكن يتعدى ٢٣ مليون لتر لكل مسطح قدره فدان إنجليزي—"Acre"— واحد في اليوم ويجرى تنظيفها مرة أو مرتين سنوياً بعد تمام تجفيفها . ويدور الفرق واضحاً بين هذه المرشحات الأولى والمرشح الأمريكي الحديث ( وقد استخدم هذا الأخير في العالم أجمع ) لما يتميز به من زيادة في القدرة الانتاجية إذ أنه يُنتج نحو ٥٦٥ مليون لتر لكل فدان إنجليزي واحد في اليوم ولا يزيد تركيبه عن إناء كبير يوضع بداخله الرمل الذي يجرى تنظيفه بالماء النقي يومياً ولم تدخل إضافة الكلور للماء إلا متأخراً عام ١٩١٥ .

لوسائل النقل أهميتها الكبرى في ربط الامكنة والمواقع ببعضها البعض «... هذا فضلاً عن التغيير الأساسى المذهل الذى حققه هذا التقدم العلمى فى وسائل المواصلات لدرجة أن تلاشت المسافات وسقطت الحواجز التى كانت تفصل ما بين الأمم فعلياً وفكرياً »

إن ذلك يُوَضِّح بجلاء المدى العظيم لوسائل النقل والمواصلات فى ربط الدول ببعضها البعض .. وتلاقى تجاربها الحضارية التى لا يمكن لها إلا أن تعيش بالاتصال الخصب وبالتفاعل الخلاق ... والتنسيق فيما بينها اقتصادياً وعلمياً وثقافياً ..

### ١ - النقل البرى

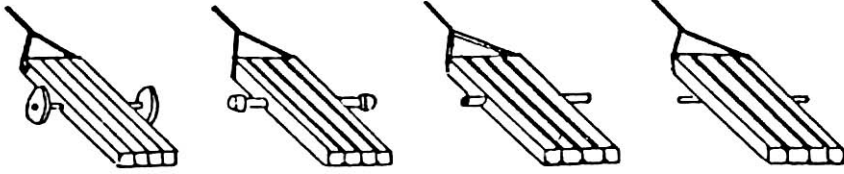
بدأ الإنسان حياته متنقلاً ومرتحلاً على قدميه من مكان لآخر .. وكانت تنقلاته محدودة بحدود عالمه الصغير وبيئته البدائية غير المعقدة واحتياجاته البسيطة ولما استأنس الحيوان استخدمه ركباً له ومُنْتَفِماً به .. وكانت حدوده آنذاك قد اتسعت وتنقلاته ازدادت بازدياد امكنة بحثه واستقراره .

وإذا بالطبيعة مُلهمه الأكبر توحى إليه بجذع شجرة مستدير .. أن يستخدم العجلة وقد ادى اكتشافها إلى اختراع العربة التى تُجَرَّ باليد أو بواسطة الحيوانات .. ثم استخدم المركبات والعربات المطهَّمة وذلك فى زمان ليس ببعيد وذلك عندما اتقن التجارة وصناعة الإطارات .

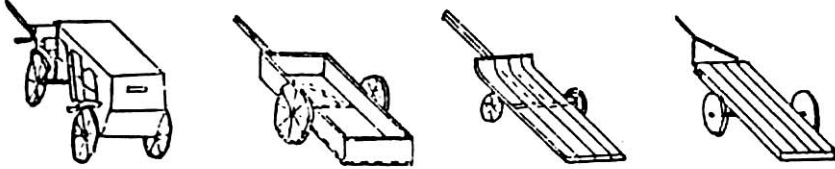
وباختراع الآلة تغيَّرت حياة الإنسان بانطلاق حضارى ثَوْر معيشته وغيَّر مفاهيم الزمان والمكان .

فعرف السيارة البخارية ، وعرف العربة التى تسير بطاقة البترول .. [ وكان ذلك عام ١٨٨٥ عندما توصل إليها المخترعان الالمانيان « ديملر وبنز » وديملر هو الذى اخترع المحرَّك ذا الاحتراق الداخلى وقبَد جرَّبه أولاً على دراجة نم على عربة وقد طُوِّر بنز نفس المحرك على العربة حتى بلغ به حدّاً عالياً من الدقة والفاعلية ] .

وعرف الدراجة بأنواعها ، والقاطرة التى تسير بطاقة البخار .. والتى تتحرَّك بطاقة البترول .. والتى تُسرَّع بطاقة الكهرباء .. وبلغ إبداعه إلى التفكير والشروع فى عمل القاطرة الذرية .. والسيارة الذرية .. فى قرنه العشرين بعد الميلاد .



اسطوانة متحركة اسطوانة ثابتة اسطوانة ذات عجلات ثقل فسيحة مثبتة



عجله وصحته ومكور مقبضه رفاعة عليه دحرجه مستنة غطاء للعربة ويايات

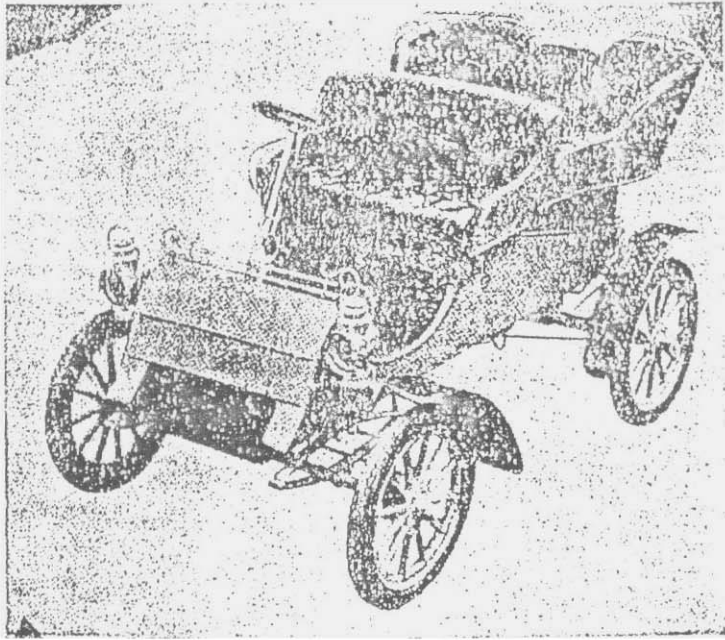
( شكل رقم ٢ - ٦ ) - تطوّر العربة .



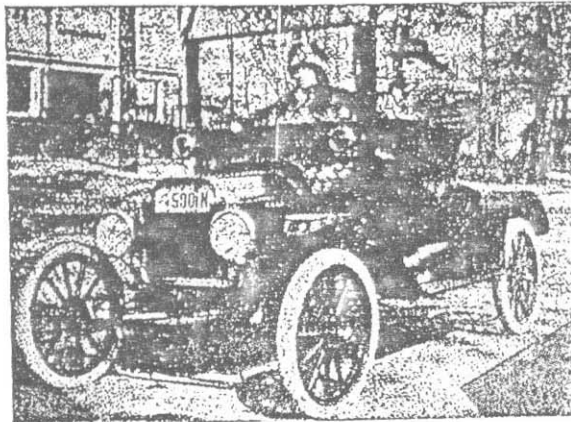
( شكل رقم ٢ - ٧ ) - أوتوبس مرسيدس ديملر ١٩٠٢

تابع لمصلحة البريد الملكي البلغاري .

١٩٠٢

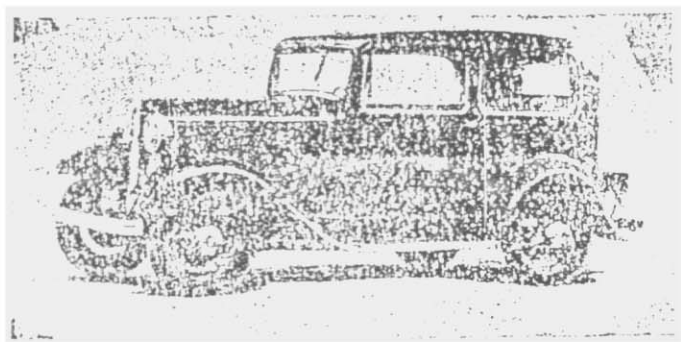


١٨٠٢

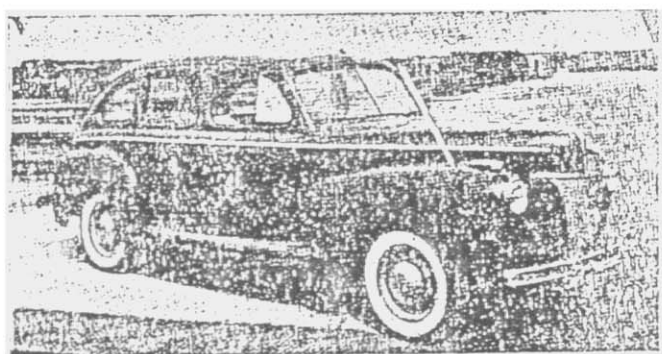


١٩١٤

( شكل رقم ٢ - ٨ ) - تطوّر السيارات

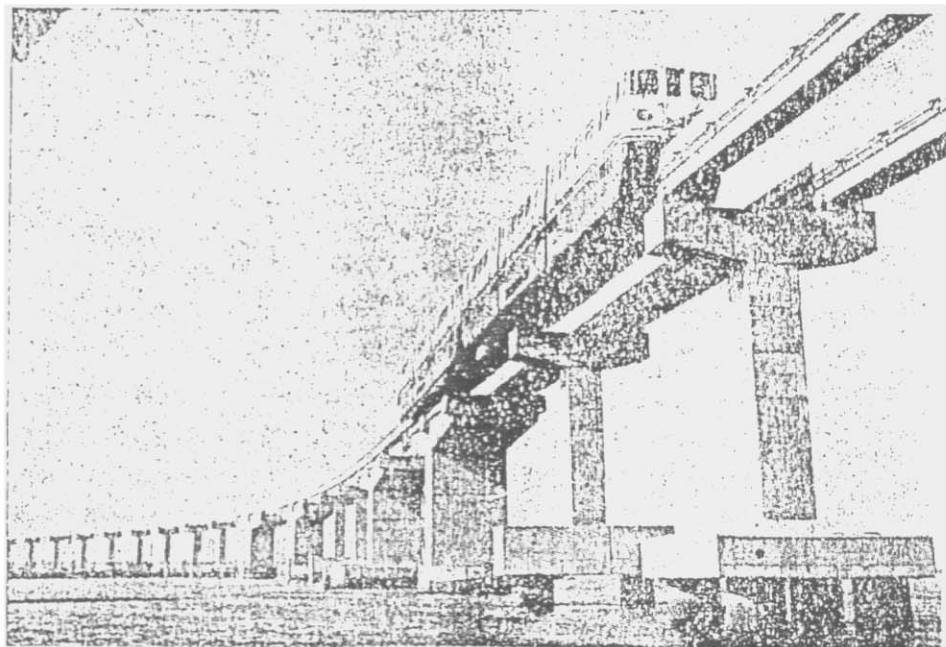


١٩٣٢



١٩٤١

( شكل رقم ٢ - ٩ )  
- تطور السيارات -



( شكل رقم ٢ - ١٠ ) المونوريل

## ب - الأنفاق

وفي مجال النقل البرى يجدر بنا .. بل يلزم .. ان نشير إلى تعبيد الطرق وتجهيز الانفاق .

لقد كانت الأنفاق الأولى عبارة عن ثقب تُحفر داخل الصخور نظراً لمعجز القدامى عن حمل السقف وحوائط الأنفاق في التربة العادية .. ولما كانت المفرقات مجهولة في ذلك الحين .. كانت تجرى عمليات الحفر بواسطة الآلات اليدوية ويقوم العمال بعد ذلك بالتخلص من ناتج الحفر .

ونظراً لصعوبة العمل .. كان العمال يموتون بالآلاف .. ثم جاء الرومان فأدخلوا بعضاً من التحسينات في عملية الحفر واستخدموا الأخشاب بصورة بدائية والفتحات للتهوية .

وكان اكتشاف « مارتن ويجل » للبارود عام ١٦١٣ إيذاناً بتقدم رائع في عملية حفر الأنفاق حيث فاقت معدلاته ما يراها .. وصارت منطلقاً جديداً في عالم الأنفاق والقنوات والطرق ..

وكانت الأنفاق الخاصة بالسكك الحديدية تالية لاختراع القاطرات ، أما مكبات ثقب الصخور فلم تستخدم إلا في بداية القرن الأخير كما تم حفر الأنفاق تحت الأنهار العريضة نظراً للحاجة إليها في الطرق العامة وخطوط السكك الحديدية لتخفيف الضغط المتزايد على نظائرها فوق سطح الأرض كلما ازداد السكان وازدادت الحاجة إلى المواصلات . وفي السنوات الأخيرة فقط ظهرت عدة مكبات لحفر الأنفاق تمتاز بسهولة العمل وقلة التكاليف ، وأصبح من أكثر الأنفاق الحالية طولاً ، نفق « سان جوتار » وبلغ طوله ١٥ كيلومتر . ونفق « سامباون » وبلغ طوله ٢٠ كيلومتر . والاثنتان يصلان ما بين سويسرا وإيطاليا .

## ج - النقل البحرى

في حياة الإنسان الأولى ... كان مُسطح المياه يُمثل بالنسبة له سراً عجباً يحوطه الغموض ثم حدثت مصادفات الطبيعة الإلهامية .. فرأى جذوع الأشجار تتقاذفها الأمواج وخطر له أن يستغلها .. ثم يربطها واحدة بجوار أخرى ويصنع منها ما يسمى « بالطوف » يطوف به على الشاطئ أو يبتعد عنه قليلاً .

ثم صنع القارب وعرف المجاديف .

واستعمل الشراع بعد أن ازداد حجم قاربه وصار سفينة . وُسجل التاريخ براعة المصريين القدامى ( ٤٠٠٠ سنة ق.م ) والفينيقيين وبحارة البندقية وچنوة وناپولى من عصور الإغريق حتى النهضة وعندها الذهبى ... في جوب البحار ومعرفة أسرارها .

إن رسوم المصريين القدماء التى تركوها على معابدهم تروى لنا بوضوح قصة بعثتهم إلى الصومال ووصولهم كريت في مراكب متينة مزودة

بالمجاديف والاشعة كما تروى لنا الكثير عن اساطيلهم الحربية الممتازة .  
مما يدل على مدى تقدمهم في استخدام المواصلات البحرية ومعركة  
اسرارها .

واستند التقدم البحري بعد ذلك على أسس متينة قدمها علم  
الجغرافيا وأوضحها خرائط البلاد

فوضع « اراتوستينز » ( مؤسس علم الجغرافيا ) خريطة عن العالم  
سنة ٢٠٠ قبل الميلاد ووضع « بطليموس » خريطة عن العالم في القرن  
الثاني الميلادي . وظلت مرجعاً يرجع إليه الرحالة الجغرافيون قروناً  
عدّة ، ووضع « الإدريسي » - وهو عربي - خريطة المشهورة عن العالم  
في القرن الثاني عشر الميلادي .

واستخدم العرب - في العصور الوسطى - البوصلة ونقلها عنهم  
الإيطاليون وأدخلوا التحسينات على صناعة السفن وعلى رسم الخرائط  
والاستعانة بالأسلوب الرياضي ووضع خطوط الطول والعرض . كذلك  
استخدموا المذلة والأسطرلاب .

وكان لذلك كله اثره في تقدم فن الملاحة .

ومع ثورة البخار . استخدمت الآلة البخارية في تسيير السفن  
وكبر حجمها عن ذي قبل . واصبحت اكثر سرعة وامناً .  
ثم كانت السفن التي تسيير بطاقة البترول . وتعددت بتعدد  
اغراضها ، من ناقلات للبترول ولل بضائع إلى سفن للركاب ، ومن بوارج  
وحاملات للجنود إلى غواصات وسفن حربية ، ومع إبداع الطاقة ظهرت  
السفن والغواصات الذرية .

## د - النقل الجوي

بدأ الطيران بمحاولات ساذجة من مئات السنين . . . قام بها العالم  
العربي « عباس بن فرناس » . . . ولم يجد طريقة يحلق بها في الفضاء  
إلا محاكاة الطيور ، ثم كان الفنان العالمي « ليوناردو دافنشي » اول من  
صنع أجنحة على اساس علمي . . . وتخيل طائرة « الهيلوكوبتر » في  
القرن الخامس عشر أي قبل اختراعها بأكثر من ٣٠٠ سنة .

وفي بداية حياة الطيران اتجهت المحاولات لإتجاهين . . . الاول هو  
البالونات والمناطيد . . وهي تعتمد على الاستعانة بغاز أخف من الهواء . .  
وقد أضيف إليه موتور للتوجيه ولكن الغاز كان خطراً لأنه سريع الالتهاب  
. . . ولم يكن ممكناً التحكم في توجيه البالون حيث كانت الرياح تدفعه  
أينما تشاء . . . والاتجاه الثاني كان هو الاستعانة بتقليد هندسة الطيور  
. . . ويعتمد على ابتكار آلة أثقل من الهواء ولكنها تستطيع الطيران ويمكن  
التحكم في قيادتها .

وقد بدأت في إيطاليا عام ١٦٧٠ محاولات الطيران باستعمال البالونات  
وتوالى المحاولات بواسطة البالونات أيضاً في فرنسا .

وفي عام ١٧٩٧ هبط أول رجل بالبالونات في مدينة «مونسو» قرب باريس وكان هو « چاك چارنيران » الذي قدّم أول جهاز للهبوط أنقذ الآلاف من الأرواح .

وتطورت البالونات بعد ذلك إلى مناطيد طويلة الشكل يُمكن توجيهها ميكانيكياً ... وكان أشهرها منطاد « زبلن » الذي ظلّ يقوم بسفريات منتظمة بين أوروبا وأمريكا من عام ١٩٣١ إلى عام ١٩٣٧ ..

كما ظهرت إلى جانب ذلك محاولات كثيرة للطيران تعتمد على تقليد الطيور ودراسة طريقة الطير في الاعتماد على الأجنحة والذيل في الارتفاع والإنشاء وتغيير الاتجاه خلال طيرانه في الجو ...

وكانت تجارب الأخوين « ولبور وارفيل رايت » فتحاً جديداً في عالم الطيران إذ يرجع الفضل إليهما في حل مشكلة الطيران الميكانيكي إذ نجحا في عام ١٩٠٥ أن يحلقا بطيارتهما في الجو وأن يطيرا بها لمدة ٣٥ دقيقة ثم يعودا بها إلى نفس النقطة التي بدأ منها .

● وأصبحت الطائرات سلاحاً حربياً لأول مرة عام ١٩١١ في الحرب بين تركيا وإيطاليا ... وفي الحرب العالمية الأولى ( ١٩١٤ - ١٩١٨ ) بين ألمانيا والحلفاء حيث اهتم كل من الطرفين الأخيرين بابتكار التحسينات والاختراعات لتطوير طياراته وتزويدها بوسائل السرعة والاتقان ... وكان ذلك سبباً في سرعة تقدم الطيران وظهور أنواع مختلفة لطائرات المطاردة وقاذفات القنابل وطائرات الاستكشاف .

● بدأ استخدام الطائرات ذات المحركات في نقل الركاب عام ١٩١٦ من إنجلترا إلى فرنسا بين لندن وباريس وأنشئ أول خط جوي في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٢١ .

● في عام ١٩٢٧ أقدم الطيار الأمريكي « لندبرج » على فعلة جريئة إذ عبّر الأطلسي طائراً لأول مرة في التاريخ ففتح بذلك آفاقاً واسعة في الطيران التجاري .

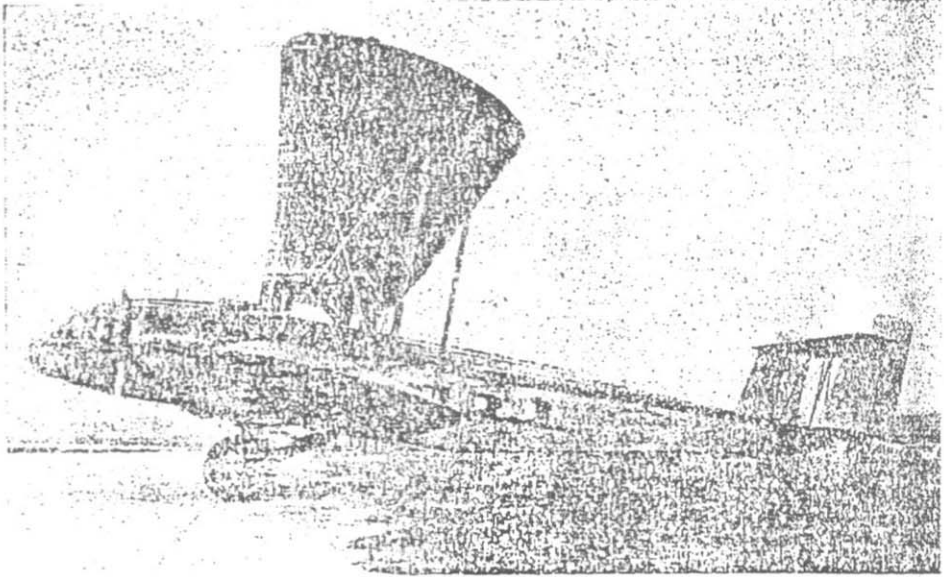
وكانت الحرب العالمية الثانية دافعاً للإسراع بتطوير الطائرات الحربية وقاذفات القنابل وتزويدها بوسائل السرعة والقوة والأمان ...

وساعدت الحرب أيضاً في تطوير الهيلوكوبتر لاستخدامها في نقل الجرحى ونقل المؤن والذخيرة إلى الجنود المعزولين .. والوصول إلى المناطق الجبلية وحراسة المراكب والسفن والشواطئ لمقاومة الغواصات ... ولأعمال الاستكشاف والانتقال السريع .

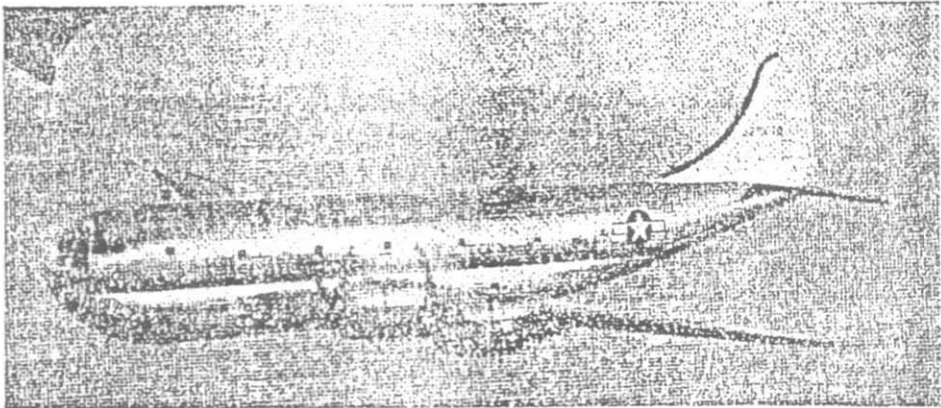
ويعتبر ظهور الطائرات النفاثة أكبر حدث في عالم الطيران تحقق بعد الحرب العالمية الثانية .

وناق كل ذلك ما يشهده هذا العصر من سباق الفضاء المذهل بسفنه وصواريخه وأقماره الصناعية .

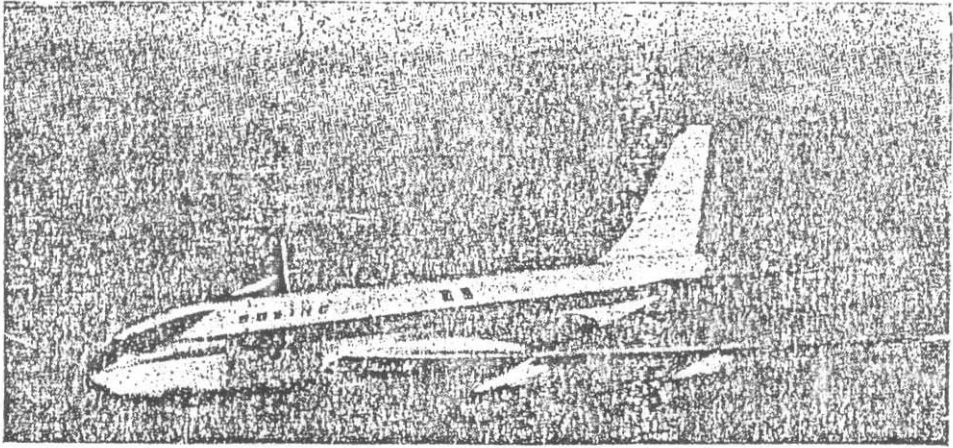
والحقيقة ... أن الطيران سجّل معدلاً خارقاً للتقدم يصعب إدراكه .



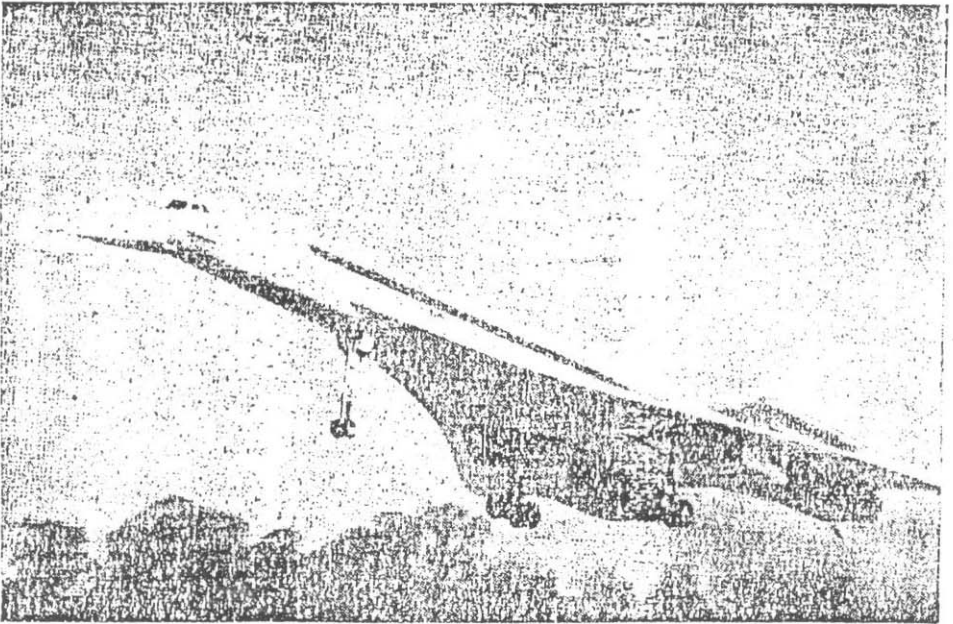
( شكل رقم ٢ - ١١ ) - طيارة نعل ركاب - ١٩٣٠



( شكل رقم ٢ - ١٢ ) - طيارة نعل ركاب - ١٩٤٤



( شكل رقم ٢ - ١٣ ) - طيارة بوينج نفاثة - ٧٠٧



( شكل رقم ٢ - ١٤ ) - طيارة أسرع من الصوت للركاب  
الكونكورد ١٠٢

## مابعاً : الميتالورجيا

### ١ - النحاس والبرونز :

عرف القدماء المعادن كالبرونز والنحاس والحديد ... وقد تكون معرفتها ضرباً من المصادفة عندما بنى احدهم موقداً من الصخر المحتوى على المعدن ... وبتأثير الحرارة المنبعثة من النيران الموقدة انصهر المعدن وسال إلى حفرة الموقد .

وقد استخدم البرونز بكثرة .. وعلى ما يبدو انه نتج عن صخر غير خالص يحتوى على نوعين من المعدن إلا أنهم اهتموا إلى صنع هذه السبيكة بخلط معدنين احدهما القصدير بعد اكتشافه والآخر نحاس بنسبة ١ : ٩ على الترتيب .

ولما فاق استخدام البرونز في صنع الادوات والأسلحة نظائره من المعادن المعروفة وقشذ فقد سُمى عصره « بالعصر البرونزى » .

ولا يطلق اسم « العصر البرونزى » على فترة محدودة بالنسبة للتطور التاريخى وإن كان يرتبط بالنسبة لمنطقة حوض البحر المتوسط بالفترة من ٢١٠٠ الى ١٢٠٠ قبل الميلاد عندما كان التقدم السريع للحديد يُبشر بحلول « عصر الحديد » .

### ب - المواد غير الحديدية :

اكتشف النحاس - الذى يدخل ك مكون رئيسى فى تركيب سبيكة البرونز - على درجة من النقاء النسبى ... وكان ذلك الاكتشاف من خامات عالية الجودة فى تاريخ متقدم ( إذ أنه من المحتمل أن تكون مناجم النحاس القديمة فى جبل سيناء قد بُدئ فى استغلالها قبل سنة ٢٠٠٠ ق.م ) .

وُسجل التاريخ نجاح الإغريق فى استخراج النحاس من أكاسيده . ويدلنا أيضاً على أن النحاس قد استخدم فى كثير من الأغراض لدى القدماء حيث وُجدت مخلفات من النحاس فى آثار المصريين القدماء يرجع تاريخها إلى ٤٠٠٠ سنة قبل الميلاد .

وقد عرف القدماء الرصاص منذ فجر التاريخ حيث اكتشفوا طريقة تحويله من الخام بتحميمه وقد استغلت مناجم الرصاص فى أسبانيا على نطاق واسع بواسطة الرومان .. واستخدم هذا المعدن بكثرة فى عمل أنابيب المياه ومواد العزل للماء .

ولم يكن الزنك معروفاً للعالم القديم .. ولم تصبح الإحاطة به كاملة إلا فى حوالى القرن السابع عشر .

والحال كذلك بالنسبة للألومنيوم الذي لم يُعرف إلا في القرن التاسع عشر واستخدم على نطاق واسع في القرن العشرين .

وقد لوحظ ان تثبيت المعادن قديماً ووصلها بعضها البعض كان يتم بواسطة البرشمة ولم يُستخدم اللحام إلا منذ سبعمائة سنة قبل الميلاد حيث وُجدت قطع ملحومة في الآثار القديمة يرجع تاريخها إلى ١٥٠٠ عام ق.م .

### ج - الحديد :

أُستخدم الحديد في مناطق مختلفة من العالم وفي أزمنة تختلف باختلاف مناطق كشفه ... وقد وُجدت عيّنات منه في كل من مصر والهند يرجع تاريخها الى ٢٥٠٠ سنة ق.م .. إلا ان هناك من الدلائل ما يُشير إلى أن ذلك التاريخ يبعد إلى ٥٠٠٠ سنة ق.م ورغم عدم انتشار استخدامها قبل الفترة المنحصرة ما بين ١٨٠٠ - ١٥٠٠ سنة ق.م .  
كان الحديد يُستخرج من خاماته بعمليات الصهر مع استخدام فحم الكوك كوقود وذلك بوضعه في طبقات متبادلة مع خام الحديد في حفرة والاستعانة بالمنفاخ اليدوي يمدّه بالهواء في قاعها .

وقد تقدم انتاج الحديد في بروسيا خلال القرن الخامس عشر .  
وأول من اكتشف عمليات السباكة هو الإنجليزي « ابراهام داربي » عام ١٧٠٨ وفي عام ١٧٥٠ تم صب العجلات الحديدية للعربات التي تجرها الجياد .

كذلك تم سحب الأسلاك في القرن الخامس عشر .  
وقد أضاف « چوسيا ودچوود » كثيراً إلى ميتالورجى الحديد عندما اخترع عام ١٧٨٢ بارومترًا لقياس درجات الحرارة العالية لانصهارالحديد وذلك عن طريق تمديد عمود من نوع خاص من الطين .

### د - الصلب :

عرف صناع الحديد منذ القدم عملية تحسين خواص الحديد بصيره مع الفحم النباتي اى إذابة بعض الكربون فيه ..  
كما عرفت عمليات التطبيع بالتقسية عن طريق الماء او الزيت قبل المائة الرابعة ق.م . ورغم ذلك فقد ظلت المعلومات عن الصلب ضئيلة حتى العصور الوسطى ولم تتحسن خواصه إلا في القرن السابع عشر .  
على أن ذلك التقدم ينبغي أن يؤخذ بشيء من الحذر ... فقد كان تقدماً نسبياً حتى لاعتبر أرواً انواع الصلب المنتجة حالياً أكثر صلاحية من صلب دمشق الشهير الجودة .  
ولقد ظلّ الصلب منتجاً مرتفع الثمن حتى القرن التاسع عشر ..

وهذا عَرَضَ لأهم التطورات في صناعة الصلب :

أقام « هنرى كورت » بإنجلترا عام ١٧٥٤ مصنعاً للدرفلة لصناعة الأعضاء الإنشائية وقضبان السكك الحديدية من خام الحديد ( الذى حلّ الصلب محله فيما بعد ) .

تمّ اختراع « هنرى بسمر » عام ١٨٥٦ الفرن الذى يُعالج فيه الصلب بطريقته المعروفة بـ « أسلوب بسمر » . . . بداية لتقدم أسرع في عالم الصلب ، فبدأ الصلب المصنوع بأسلوب بسمر يحل محل الحديد المطاوع في المنشآت وقضبان السكك الحديدية نظراً لسهولة صنعه وبالتالي قلة تكاليف إنتاجه .

غير أن أسلوب بسمر لم يُناسب الخامات العالية الفوسفور لذلك ظلت بغير استغلال حوالى عشر سنوات حتى اخترع « سيمنز مارتن » أسلوب الأحواض المفتوحة ( أو المجرمة المكشوفة ) حيث تحرق الشوائب الفسفورية .

ولم يحدث التقدم في صناعة مسبوكات الصلب إلا في القرن الحالى . . ومن التوسعات الواجبة الذكر في هذا المجال إنتاج أدوات الصلب المقاوم للسرعات العالية . . ويمتاز بخاصية قطع المعادن بمعدل عالٍ من السرعة . .

وأيضا الصلب المقاوم للصدأ .

## لأماناً : القوى

إذا ما جاز لنا أن نمد بصرنا عَبْرَ التاريخ . . فإن أول ما يطالعنا ذلك الإنسان البدائى بقساوة ملامحه وخشونة مظهره . . وبساطة حياته .

لم يكن له من مصدر للطاقة سوى قواه البدنية وقدرته على الأداء . . وتدرّجياً استطاع أن يُسيطر على مصادر أخرى للطاقة . . كما أن أوجه نشاطه اتسعت حتى أصبحت تستوعب كل شغل يُبذل من مختلف صور الطاقة . . . وما زالت تطلب المزيد .

استخدم الحيوان كطاقة للانتقال وأداء الأعمال الشاقة . . .

توصل إلى استغلال طاقة الريح . . .

عرف طاقة الماء . . .

وبمعرفة للزراعة استطاع أن يفيد بجزء يسير من طاقة الشمس . . .

عرف النار واستغل ما بها من طاقة حرارية وضوئية . .

حرق أخشاب الأشجار ليحصل منها على الطاقة الحرارية .. يستدفئ بها ويطهو بواسطتها طعامه .

ثم عرف الفحم النباتي واستفاد بطاقة احتراقه .  
وكلما زادت قدرته في السيطرة على الطاقة .. زاد تقدمه ونمت حضارته ..

عرف طاقة البخار .. وأفاد من الفحم الحجري  
وكان لذلك اثره في أن يبدأ ثورة الطاقة .. ويفتح الطريق واسعاً  
ممهداً لعصر الآلة وإبداع التكنولوجيا الحديثة وسيادة الهندسة ..  
عرف الطاقة الكيميائية الناتجة من إشتعال البترول ... والتي تحول  
إلى طاقة حركة في السيارات وإلى طاقة حرارية في المواقد وإلى طاقة  
ضوئية في المصابيح .

وعرف طاقة الكهرباء واستغلها على نطاق واسع في القرن العشرين ..  
وتوصل خلال الحرب العالمية الثانية إلى أحدث طاقة .. طاقة  
الذرة .

ويُفكر الآن في استغلال الطاقة الشمسية بطريقة جديّة .  
ويُقرر الواقع أن الشمس هي المصدر الأصلي للطاقة التي يستخدمها  
المهندسون بصور مختلفة ... وصورتها التي وصلت عليها للأرض هي  
صورة الحرارة بتأثيراتها المتعددة .

وتاريخ الجنس البشري في عصرنا الحالي يرتبط بمدى استغلاله  
للطاقة ودرجة انتفاعه بها .

إن الطاقة هي القدرة على بذل شغل ،  
والحرارة هي إحدى صور الطاقة المستخدمة في الآلات الحرارية  
لإنتاج الشغل اللازم لإدارتها .

ولقد كانت الحيوانات أول مصادر الطاقة التي استغلها الإنسان  
يعززها بعض القوى المائية ... حيث تعدّ استخدام الحيوان عمليات  
الشّد المباشر إلى إدارة بعض الآلات ذات التروس لرفع المياه .

والآن فإن الآلات على اختلافها ... يستوى في ذلك التي تعمل  
بالبخار أو البترول تحول الطاقة الصادرة من حرق الوقود إلى طاقة  
ميكانيكية يُستفاد منها في تحريك المكابس وإدارة العجلات وغير ذلك من  
أوجه استفاد الطاقة .

## ١ - الفحم الحجري :

اقتصار استخدام الإنسان لمصادر الوقود قديماً على الخشب والفحم  
النباتي إذ لم يكن الفحم الحجري معروفاً لديه بعد .  
وقد تكون الفحم الحجري في العصور الجيولوجية القديمة من أصل

نباتى كثيف كان يكسو الطبقة السطحية من الأرض ... ثم اندثرت هذه المخلفات النباتية أسفل طبقات متتالية من الرواسب ... وتحت ضغوط وحرارة مرتفعة وبفضل فطريات وميكروبات تسمح بتحلل مادة السيلولوز ، تكونت الكتل الكربونية المتفحمة وعُرفت عند كشفها بالفحم الحجري .

وتاريخ اكتشاف الفحم الحجري ليس معروفاً على وجه التحديد .. ولكن اغلب الظن انه اكتشف في إنجلترا نحو عام ٨٥٠ بعد الميلاد ... ثم حُرِّم استخدامه بقرار ملكى نحو عام ١٢٠٠ م نظراً للأدخنة الضارة التى تتصاعد منه نتيجة لعمليات الاحتراق .. غير أن الطلب المتزايد على الوقود وقلة موارد الأخشاب أعادا الفحم الحجري للاستعمال .

ويعتبر توفر مصادر الفحم الحجري في إنجلترا [ بالإضافة لمناجم الحديد ] سبباً جوهرياً لخوضها معركة الثورة الصناعية بنجاح منقطع النظير ... ولأن يُسجل التاريخ لها انها البلد الاول الذى اندلعت منه الشرارات الاولى لهذه الثورة ...

ولقد توسعت فرنسا في انتاجها للفحم الحجري في المناطق الصناعية ... وهو ينتشر في بلدان كثيرة إلا ان أمريكا تمتاز « بنصيب الأسد » في انتاجه .

## ب - البترول :

تعنى كلمة بترول — Petroleum — الزيت الصخرى وهو عبارة عن خليط من عدة زيوت يمكن فصلها بالتقطير ، يتخذ شكل سائل زيتى بُنى اللون مع وميض اخضر وكان للقدمى فكرة ضئيلة عنه فاللاحظ ان الملائط « المونة » المستخدم في بناء برج بابل ما هو إلا نواتج ثقيلة للبترول . والنار المقدسة التى كان المجوس يقصدونها للحج في مصر الفارسي — بالقرب من باكو على بحر قزوين — ما هى إلا نتيجة لاشتعال الزيت وغازاته .

واستخدم الهنود هذه الزيوت كوقود لنيرانهم ... وكان ظهور الزيت بأمريكا على يد مبشر فرنسى — حيث اكتشف اول ينبوع بترولى غرب نيويورك — عام ١٦٢٧ ... وتلا ذلك عدة آبار اخرى في بنسلفانيا فيما بعد ...

ولقد بدأ أول بئر في العالم انتاجه في أغسطس سنة ١٨٥٩ .. وهو بئر دريك الشهير .. ومنذ ذلك التاريخ أصبحت عمليات حفر الآبار وتكرير البترول صناعة لها كيانها في الولايات المتحدة الامريكية الجنوبية ... ثم في العالم كله .

كانت عمليات تكرير البترول تجرى بواسطة التقطير البسيط ..

فالزيت الخفيفة وهى الاكثر قابلية للتطاير تتبخر ثم تتكثف قبل الزيت الأخرى . فادخلت عليها عمليات تقطير جانبية .

وفى بادئ الامر لم تستعمل غير الزيت المتوسطة التطاير . . . . . والتى أطلق عليها اسم « زيت الفحم الحجري » أو « الكيروسين » . . . فى حين اعتبرت الزيت السريعة التطاير والزيت الثقيلة من عوادم الانتاج .  
وعند اختراع آلات الاحتراق الداخلى أصبح البنزين يُشكل المنتج الأساسى فى منتجات التقطير البترولى . . . . . ومع تقدم الكيمياء أوجد المهندسون طرقاً متعددة للاستفادة من الزيت الثقيلة .

ويستخدم المهندسون الميكانيكيون نواتج البترول من الوقود وزيت انتشحيما بينما يتسع مجال الكيمائيين لأغراض شتى .  
كما تُستعمل المواد الأسفلتية فى اعمال المهندسين المدنيين لرصف الطرق وأغراض عزل الرطوبة للمنشآت وأعمال أخرى مشابهة .

ولقد شمل التقدم عمليات البحث والتنقيب والاستخراج والتكرير والتقطير لتحسين النواتج وزيادة أوجه الاستفادة حتى ينتفع بأكبر قدر ممكن من طاقة هذه المنتجات .

