الباب الثانى

تاريخ الهندسة وتطورها

- **مدخل**
- **الفصل الأول : الهندسة عَبْر التاريخ :**

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

- **الفصل الثانى : التسلسل الزمنى للعلوم والهندسة والتكنولوچيا منسوبًا إلى تاريخ الامم :**

أولا : العِدَد والمكنات .
ثانيا : المبانى .
ثالثا : الكبارى (الجسور)
رابعا : الهيدروليكا .
خامسا : الأعمال الصحية .
سادسا : النقل .
سابعا : الميتالورچيا .
ثامنا : القوى .

مَدخل

الحضارة والهندسة .. او بتعبير ادقّ .. الهندسة والحضارة شقان يتلازمان منذ البَدْء .. بغير مفاصلة او انفصام .

فهما فى حياة الإنسان وتاريخه :

عمل .. وتعبير عن عمل .

تفكير .. وصياغة مادية لهذا التفكير .

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

إن الهندسة كانت .. ولسوف تبقى .. مفتاح الحضارة ومنطلق البَدْء لكثير من مجالاتها .. ثم هى تتلازم معها خطوة بخطوة .. تبطئان معًا .. وتسرعان معًا .. تستوقف احداهما الأخرى إذا ما انتكست .. كما تستحث إحداهما الاخرى إذا ما شرعت فى العدو .

والهندسة هى بنت البشرية البكر .. تزخر بالحيوية والنضارة والخصوبة دائمًا .. لم تُنشأ لدى شعب من الشعوب .. كما لم ينفرد عصر بتلك النشأة .. فهى رفيق الحضارة المخلص وصديق عمرها الوفى .. لا يستأثر بمنجزاتها شعب معيّن او امة بعينها .. فحكمة التاريخ تُقرّر :

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

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

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

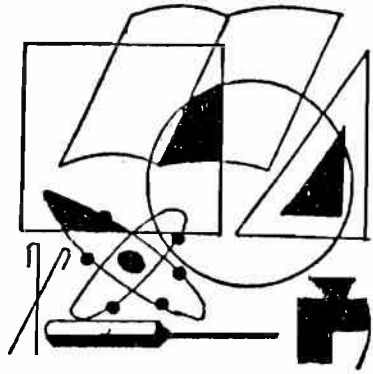
وكمثال نذكره .. كان لاختراع الآلة البخارية اثر اكثر عمقاً واعمق تأثيرًا ــ من اى ملك او حروب ــ فى مصير الحضارة وطرائق المعيشة .

وفى هذا المقام يحضرنى قول أحد المؤرخين :
« فى سنة ١٧٧٦ أصدر الأمريكيون إعلان الاستقلال ..
وفى نفس العام دارت آلة « وات » البُخارية ...
وهذا العمل الأخير (وهو فى ميدان الصناعة) يبزّ الحادث الأول (وهو فى ميدان السياسة) فى انه اثّر على حياة عدد اكبر من الناس وبدرجة أعمق » .

إن الشعوب القديمة لعبت دورًا كبيرًا ـ هو بمثابة حجر الأساس الذى قام عليه بناء الحضارة الشامخ ـ حين أخذت على عاتقها وضع نماذج لبعض أعمالنا الحديثة .. مثل القنوات وأعمال الرى وشبكات المياه والمجارى والمصارف والطرق والأنفاق والكبارى ..

وهى لم تقم بوضع هذه النماذج كى تحفظها فى متاحف التاريخ .. وإنما قامت بوضعها ترجمة لحاجة ملحّة لها فى تسيير متطلبات حياتها .. ثم بقيت لنا تراثًا خالدًا .. نفيد منه .. ونضيف إليه ما يتوافق وتعقّد الحضارة بما يساير العصر وروحه ..

وقد تناولنا فى الفصل الأول 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

أولا : الهندسة فى فجر التاريخ :

عجبًا لهذا المركب الحيوى المبدع ... الإنسان الطامح للتجديد المستمر ... المتحرك حركة وثّابة على امتداد أبعاد الكون والمجتمع والنفس ايضًا .

حركة توجد الحياة ..
وتعانق الحياة
كما أنها امتداد للحياة .

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

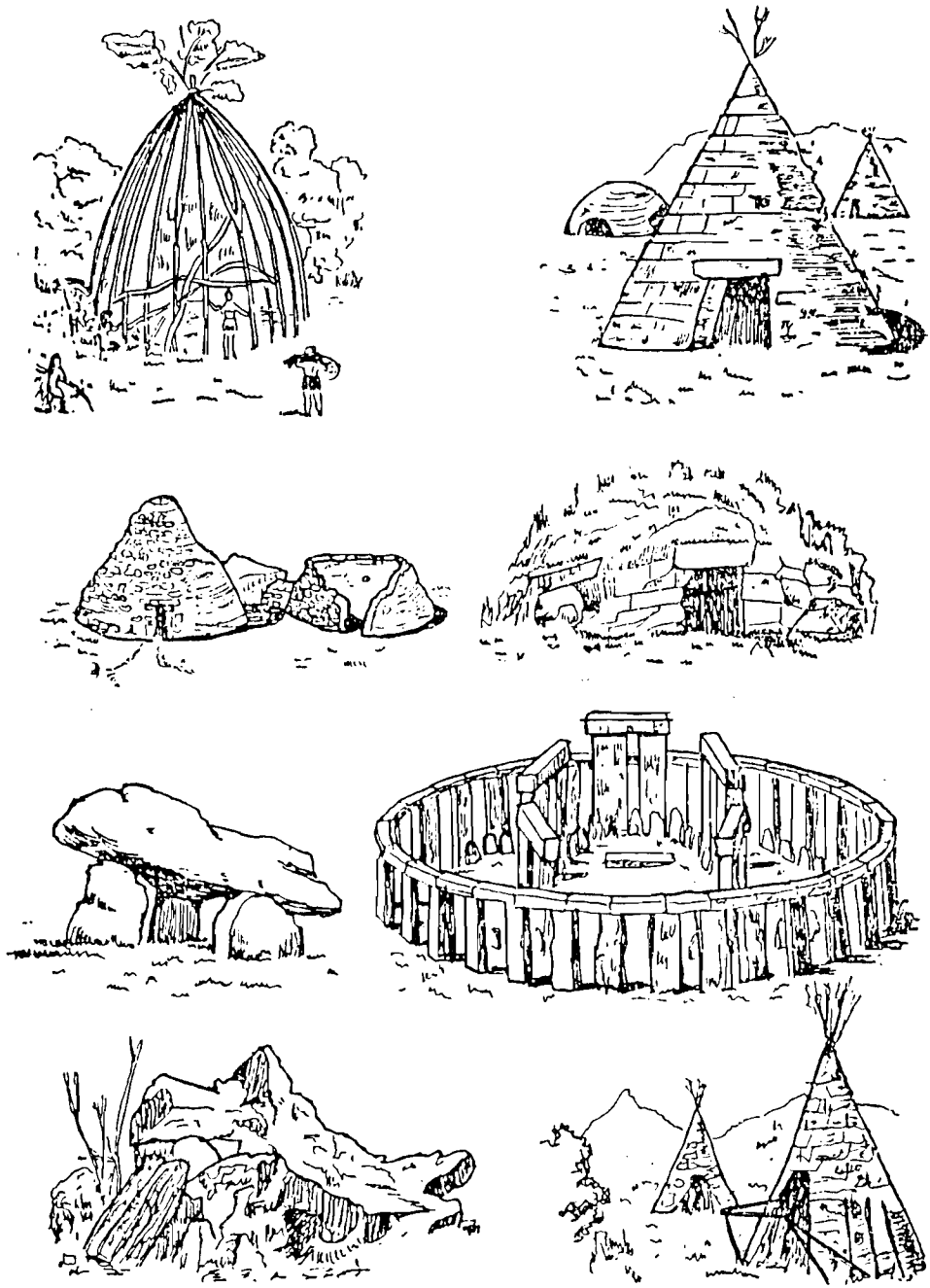
حركة تولد الاحساس بالكتلة .
تُمزّق سطحًا وتنشر آخر .
تبنى وتهدم وتُشكّل .
وتترك أثرًا خالدًا فى الفن والعلم ... فى الهندسة .

إن تقدم الهندسة هو الوجه الآخر لصورة النمو الحضارى .. ويختفى بَدْء كليهما فى ضباب الآثار القديمة حيث ارتدى الإنسان الجلد وتمرّس بالصيد يعبث بوقته ظفرًا بطعام فج .

ثم تعلم كيف يشكل من الحجر اداة ... ويصوغ من الجاسىء آلة .. ويتقدم بحياته نحو أسلوب افضل لمزيد من الراحة باستخدام النارضوءًا وحرارة .

ويمرّ الزمن .. وتدور الحياة فى اتجاه التطور دورانًا متقدمًا ... ويبدأ العنصر البشرى مرحلة من الجماعية ترفض بعضًا من بداءة الحياة الأولى ...

تستأنس الوحوش بدل أن تطاردها
بل تصل إلى ما هو أعمق من ذلك استفادة ونفعًا فتربّيها ...
... ...



(شكل رقم ٢ – ١) – تطور المسكن فى فجر التاريخ

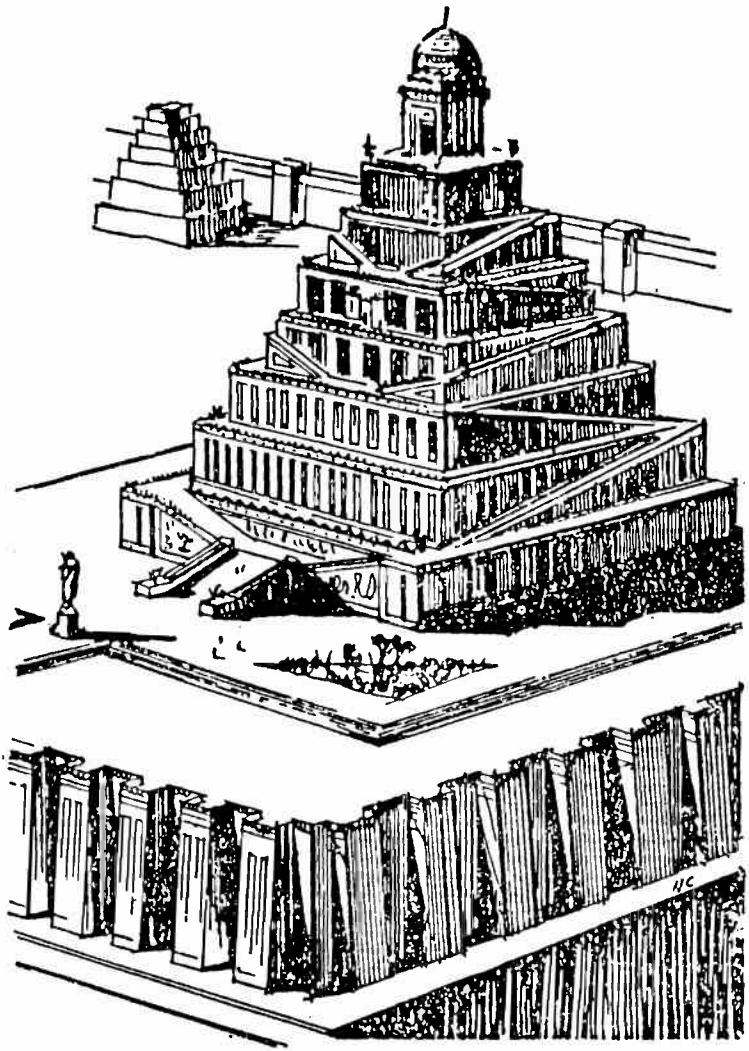
تتّجه إلى الأرض لترسخ بها وتتعمّق فتعرف الزراعة
ويتضاءل تبعًا لذلك نزوعها للترحال بين الغابات والحقول
... ...
وتبدأ عهـدًا من الاستقرار يمنح التطور دفعة جبّارة نحو الترقى الحضارى .. والتقدم .
... ...
أنظر إلى الإنسـان الآن ...
هو يتخلى عن كهوفه .. عن ملاجئه بين الأشجار
... عن خوفه من غموض مستقبل لا يعرف نواياه ....
... هو يزدرى 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 دفعًا .. فيأنس لبنى جنسه ويُنشىء لبنات أولى للمجتمع تتزايد وتنتشر .. فتظهر البلدة والمدينة .
... ...
هو باختصار يتحول إلى إنسان مدنى .

واستطاع الإنسان بهذا الاستقرار ان يتأصّل 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 نسبىّ افضل ، كما ان حالة الرخاء الجديدة كانت بمثابة المجال الأرحب لكشف آخر اكبر تأثيرًا وفعالية .

إن هذه الدورة العظيمة من التأثير والتأثّر دفعت بالحياة إلى الحركة الشاملة فى تقدم مطرد بدا بطيئا متثاقلاً مستغرقًا من السنين آلافاً عدة .

ثانيا : الهندسة فى بابل :

ويمرّ الزمن .. وإذا بمدن على درجة عالية من النسق الفنى وابداع التشييد تظهر فى اماكن متفرقة من العالم .
وكانت تلك التى فى الشرق الأدنى وعلى شواطىء البحر المتوسط ـ فى البقعة المعروفة بأنها مهد الحضارة الغربية ـ هى الأبدع تشييدا والأروع نسقا .
ولعل بابل القديمة هى اشهر مدن تلك المنطقة .. نشأت فى الوادى



(شكل رقم ٢ ـ ٢) ـ الزيجورات فى بابل القديمة

الخصيب فيما بين النهرين (دجلة والفرات) .. وتعاقبت عليها جهود الملوك بالتحسين والصقل فكان أهم تلك الجهود ما بذله حمورابى(١٩٥٥ ـ ١٩١٣ ق.م) ثم بُختَنصّر (٦٠٥ ـ ٥٦٢ ق.م) الذى عنى بترميمها وإعادة مجدها بعد أن لحقها الاهمال وعملت فيها يد التخريب تاركة إياها بحال يرثى له .

وكانت حدائقها المعلقة إحدى العجائب السبع فى العالم القديم .. وضربت مثلاً لحذق المهندس وبراعته منذ ثلاثة آلاف سنة مضت .

لقد أُحيطت بسور مرتفع من الآجر .. قطعة أخّاذة فى فن البناء .. لحمايتها من شر الغُزاة .. وهى التى تشغل نحو ستة أميال مربعة على شاطىء نهر هيلا أحد روافد الفرات .

ومن العجيب أن ترصف شوارعها وطرقها وأفاريزها بالآجر والحجارة مثبّتة فى مواضعها بالأسفلت الذى وجد بكميات وافرة فى هذه المنطقة .

ولقد زوّدها المهندسون بنظام فذّ لجلب الماء إلى شتّى المستويات ومعلوماتنا عنهم لاتدلنا كيف ذللوا هذه العقبة .. فلعلهم استخدموا سواقى ضخمة لرفع الماء من سطح إلى آخر اكثر منه ارتفاعًا .

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

ونظرًا لندرة الخشب وافتقار المنطقة إلى المحاجر كان الجانب الأكبر من منشآت بابل مُشيّدا بالآجر (الطوب المحروق) وكان يُصنع من الطمى الثقيل الذى يتم حرقه بالنار .. يُضاف إلى ذلك سهولة انتاج اللبن (الطوب النىء) المجفف باستغلال حرارة الشمس .

إلا أن الآجر كان المادة الرئيسية للمواضع الحرجة فى المنشآت حيث كان الأقوى ولذا استخدم لتدعيم القطاعات الثقيلة فى المبانى .

واستخدم البابليون الأسفلت بدلاً من المونة والأسمنت فى لصق قوالب الآجر بعضها ببعض وساعدهم على ذلك عثورهم 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 ...

ثالثا : الهندسة فى مصر القديمة :

والتشابه بين الحضارتين كبير ... المصرية والبابلية .. ويرجع هذا التشابه لعوامل عدة .

لقد عاش كلا الشعبين فى دلتا الأنهار .. وزاملت حضارة احدهما حضارة الآخر فى ذات الفترة الزمنية تقريبا منذ ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد وما بعدها .. وكان الحذق الهندسى هو الأرض الصلبة التى ارتكز عليها ارتفاع مستوى المعيشة بطريقة غير عادية فى كلتا الحضارتين .

وكان المهندس المصرى ماهرًا جدا .

كما تمتّع بتعدّد الاتجاهات والخبرات كزميله البابلى .. واتقن فى زمن مبكر كيف يتعايش مع النيل العظيم .

لقد قرّر المؤرخ القديم « هيرودوت » : « مصر هبة النيل » .. ولقد أصاب فى قراره ... إذ استتبع ذلك حتمًا ان يكون النيل موضع الاهتمام الأول للمهندس المصرى .

عرف كيف يُنشىء القنوات
عرف أيضًا كيف يشق المصارف وترع الرى ليخفض من قوة تدفق الفيضان
ويملك زمام التحكم فيه ليمنح الأرض حياة .
عرف كذلك كيف يبنى السدود والخزانات إدخارًا للماء لوقت التحاريق
وابتكر ايضا طرائق السيطرة على المخزون عند إطلاقه
كان ذا مهارة وحذق رائعين .

... ...

ومما يُثير الدهشة ان كثيرًا من المشروعات الهندسية القديمة الخاصة بالإشراف على النهر لم يزل باقيًا حتى هذا العصر وتراه إلى جوار المشروعات الأكثر تقدمًا فى الهندسة المائية .

ولم يقتصر تفوق الهندسة المصرية على هذا المجال وحده بل امتد ليشمل فنونًا أخر .

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

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

كان عليه ان ينقل أحجارا زنة الواحد منها اطنان عدة
كان عليه ان يُشكّلها
وسيلته فى ذلك هى الجهد اليدوى وحده حيث انتفت آلات القوى القاطعة او الناقلة .. إذ لم تكن قد عُرفت بعد
ولم تقم هذه المنشآت كيفما اتفق بل خضعت لحسابات دقيقة مُحكمة وخاصة فى الاهرامات .

... ...

دعنا نتابع كيف كان المهندسون المصريون يبدءون بناء هرم ما ...
تحكى نظرية مشهورة أنه بمجرد استقرار الراى على اختيار المكان (على الضفة الغربية للنيل دائمًا) تبدا إزالة السطح الرملى حتى الطبقة الصخرية .. وعندئذ يُعيّن المسّاحون الحدود المضبوطة لقاعدة الهرم .
كان الهدف ان تصبح مربعًا كاملاً .
فاستخدموا لذلك حبالاً طويلة (عُرف المساحون بجاذبى الحبل) أو قضبانا خشبية مُقسّمة إلى وحدات قياسية .
وكانت وحدات القياس لديهم الذراع الملكى (٧٥ سم تقريبًا) وراحة اليد (١٠ سم) والعقلة (٢ سم) .
أما حسابات الزوايا والمثلثات فلم تكن أمرًا عسيرًا لدى بناة الاهرام كذلك .. فإن درايتهم الواسعة بعلم الفلك مكّنتهم 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 فى محاجرهاالبعيدة 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 ٢ر٥ طن إلى ٥٠ طنا .
ولم يكن بناء الهرم من المشروعات القصيرة الامد .. إذ يذكر « هيرودوت » * ان بناء الهرم الاكبر استغرق من الزمن عشرين عامًا ومن البشر آلافًا غزيرة . ويكفى لو عرفنا أن عملية سحب الكتل الحجرية وحدها احتاجت لجهد مائة الف عامل سنويا كان اغلبهم عبيدًا بالإضافة الى المصريين المتعطل عمل حقولهم فى زمن الفيضان .

والمسلة أيضًا 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 لمشاهدة هذه العجائب الهندسية فى عصره .

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

لكن حلهم الذكى كان حاضرًا .

لم يكن لديهم أجهزة للقوى الميكانيكية .. واغلب الظن أنهم تحايلوا 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 بالكرنك .. 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 أجزائه بهو الأعمدة الذى تصل ضخامته حدًا لو قدر لكاتدرائية نوتردام بباريس ان توضع بداخله لتركت حولها فراغًا كبيرًا . وهو يُعدّ لذلك اضخم صرح شيّده الإنسان بالاعمدة .

فالسقف محمول على ١٣٤ عمودًا ويبلغ ارتفاع كل من الأعمدة المحيطة بالصحن المركزى حوالى ٢٧ مترًا والقطر نحو ثلاثة امتار .

يُضاف إلى ذلك لمسة فن بديعة تزدان بها الأعمدة سواء كانت نقوشًا أم رموز مناظر دينية محفورة عليها .

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

...

لقد سما المصريون بالهندسة إلى ذروة مجيدة وفقًا لاقيسة ممارستها فى العصور القديمة . وظلّت ابرز اعمالهم واخلدها تلك التى تظهر فيها قُدراتهم على تطويع الحجر باحكام فائق .

رابعا : الهندسة عند اليونان

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

ولا تزال حضارة اليونان القديمة اللامعة تأخذ الالباب وتُثير الإعجاب.

إن المآثر اليونانية العظيمة بدات من نحو ستمائة عام ق.م تقريبا وتضمنت المعابد والدور والطرق ونُظم 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 فى نحت الرخام بالصور والرموز .

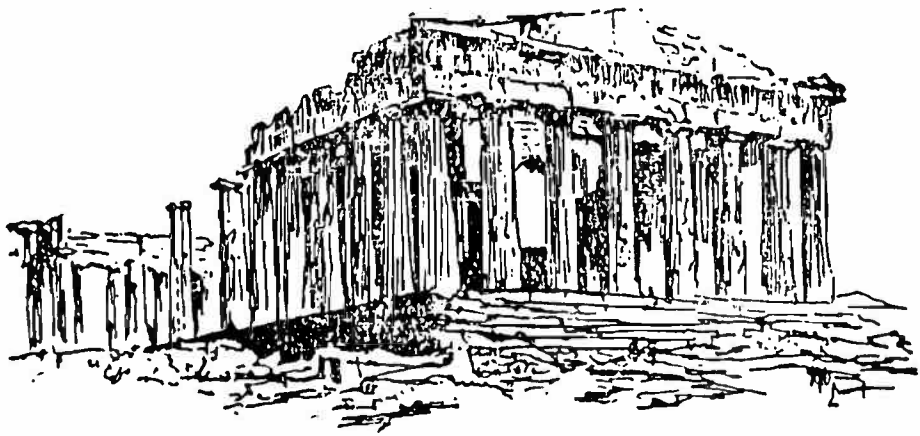
فكانت اعمدتهم آية فى الفن لما ازدانت به من نقوش .

كذلك اوحت خطوطهم المنسّقة النسب والأنيقة المظهر بالهيبة والجلال .

... ...

كانت الفنون الجميلة تتقدم فكرهم الهندسى .. فالغرض الجمالى وابرازه يُسيّطر على كل احساساتهم ومقاصدهم فجاءت اعمالهم بالتبعية نموذجًا اسطوريًا للجمال المبدع .

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



(شكل رقم ٢ ـ ٢) ـ البارثنون

ويبدو تواؤم الفن والهندسة جليًا إذا استعرضنا بعضًا من حيلهم الهندسية فى بناء هذا المعبد ، لقد عرفوا ان الدرجات الطويلة الأفقية المؤدية للمعبد (أطول من ٧٠ مترًا) إذا لم تنحن قليلاً فى الوسط تبدو مائلة . وهذا هو السبب فى صنعهم للخطوط الافقية بسقفه منتفخة قليلاً إلى أعلى .

ولهم حيلة أخرى فنية فى ارساء الستة والأربعين عمودًا الضخمة التى حملت سقف المعبد .

لقد أمالوها للداخل قليلا حتى يختفى امام الرائى اى نُتوء خارج عند القمة وهوما يبدو واضحا إذا ما صُنعت عمودية كاملة التعامد .

ولكن مما يُؤسف له أن البارثينون دُمّر كله تقريبا عام ١٦٨٧ خلال معركة بين الأتراك والإيطاليين وبقيت آثاره متعة سياحية فريدة .

وتحوّلت مآثر المهندسين اليونانيين الباهرة فى البناء إلى مدرسة قوية الأداء رصينة الدلالة افادت منها بلدان شتى واثرت تأثيراً عميقاً فى حوض البحر المتوسط على الأخص .

والواقع أن تصميمات البناء التى ابتكروها وطرزه أثرت على الميدان المعمارى حتى عصرنا هذا ، والعالم العربى يزخر بمبان تجد اصولها فى مبتكرات اليونانيين .

ففى واشنطن مثلاً امثلة رائعة للعمارة اليونانية كمبنى المحكمة العليا الشديد الشبه بالبارثينون .

وقد كان الازميل البرونزى والمنشار .. كذلك المطرقة الخشبية والإسفين والروافع هى الأدوات التى ارتكز عليها تقدم الإنجاز اليونانى فى فنّ البناء تماماً كالمصريين القدماء .

وتعدّ الكرة الرافعة من اهم الادوات التى لابد وانهم عرفوها .

يُضاف إلى ذلك معرفتهم لمعدّات أخرى منها « القدة » والمربع .

لقد عرف اليونانيون كيف تُقوّى المناطق الضعيفة فى المبانى الحجرية لتتحمل قوى مُعيّنة باستخدام قضبان الحديد .

وتُعدّ فكرة التقوية هذه مُتقدمة جدا فى التكنيك البنائى إذ يستخدمها مهندسو اليوم فى المبانى الخرسانية على شكل اسياخ معدنية أو شبكات مدفونة فى الخرسانة لتكسب المنشأ مزيدا من القوة .

وشق اليونانيون القنوات المائية لمدّ مدنهم بالمياه الصالحة للشرب . وقد كانت نقية كتأكيد اطبّائهم .

وتُعدّ قناة « ساموس » اولى هذه القنوات وشُقّت عام ٥٣٠ ق.م بواسطة « بوپالينوس » وكانت تحوى نفقاً بلغ طوله ١١٠٠ متر .

وقد يغلب الظن ان تخطيط المدن تقدم حديث .. غير ان المهندس اليونانى كان يضع التخطيط العام لمدن كاملة .. فقد كان عصر الإسكندر الأكبر رائد عصور اليونان فى مشروعات تخطيط المدن . لقد شقّ « الإسكندر » طريقه فيما بين (٣٢٥ ـ ٣٢٣ ق.م) واخضع لسلطانه كل بلدان شاطىء البحر المتوسط .. وفى اوج عنفوانه ومجده شيّد « الإسكندرية » عند مصب نيل مصر وعيّن اشهر مهندسى عصره « دينوكراتيس » لتخطيطها .

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

كل منهما المعابد البديعة والدور الرائعة على خلاف المتّبع فى ذلك العصر من أن معظم المدن كانت لها طريق واحدة للمواكب والاستعراضات .

واختصّت الإسكندرية بذلك المهندس العبقرى « سوستراتوس » الذى صمّم لها واحدة من عجائب العالم القديم فنار الرخام الضخم « فاروس » (*) فى مدخل الميناء .

ويمرّ الزمن وإذا بالإسكندرية عاصمة البلاد تصبح مركزاً للاشعاع الثقافى فى عالم البحر المتوسط .. اتاح لها تكوينها الطبيعى ان تكون قِبلة طلاب المعرفة كما مكّنتها مكتبتها الزاخرة ان تتبوّأ هذه المكانة الرفيعة .

وفى مجال النقل البرى ـ والذى كان مُهملاً قبلا ـ بدأ اليونانيون بتعبيد الطرق وتجهيز التالف منها .. كذلك اضطلعوا بعمل سلسلة من المراكز تتوافر فيها الخيول البديلة مما جعل اتصالهم بالعواصم الإقليمية مُيسّرا .

وتمخضت الحروب التى شنّها إغريق صقلية على قرطاجنة عن درجة عالية من الميكنة تميزت بها جيوش اليونان حيث عرفوا آلات الحصاد كما ابتكروا اشكالاً جديدة من القوس الآلى او المنجنيق المشتق عن الشكل البدائى للقوس والمقلاع الآلى « المقذاف » .

ويُقال : إن ديونيسيوس السكندرى استطاع عام ٤٠٠ ق.م أن يبتكر نوعًا شبيهًا بالمدافع الرشاشة فى شكل منجنيق يطلق سلسلة من السهام المتتابعة .

كما ناقش اليونانيون مرونة الزمبركات والهواء المضغوط غير انهما لم تكن قد خضعت بعد للتحكم بالقدر الكافى .

ولا نستطيع اغفال حقيقة هامة تفرض علينا الآن ان نشير إليها ولو من قبيل العرض الخاطف .

لقد كان تقدم اليونان العلمى دعامة ساندت إلى حدّ بعد تقدمهم التكنولوجى :

- فهذا طاليس المليطى .. أول من كشف عن القوى الغامضة للكهربا واجرى تجارب عديدة أولية على الكهربية الاستاتيكية .
- وهذا ديموقريتس .. العالم الذرى الرائد .
- وهذا « هيرو » السكندرى .. رياضى ومهندس ومُبتكر ، كان مُخترعا ذا حذق كبير .. وتعدّ الكرة النفاثة اشهر اجهزته الميكانيكية كأول محرك يعمل بقوة رد الفعل .. ولعله الجد الاكبر للمحركات النفاثة .
- وهذا أرشميدس (٢٨٧ ـ ٢١٢ ق.م) المهندس العالم اطولهم باعًا ...

(*) فاروس هو اسم الجزيرة التى شيّد عليها الفنار .

- أجرى عدة دراسات تتعلق بقوى الاجهزة والحيل الميكانيكية.. كالروافع الدواليبية واستخلص تفسيرًا علميا للتعويم فى الماء.
- ودرس القوى المشتركة فى استخدام « العتلة » وكان واثقًا من قواها الهائلة مما دفعه للقول « أعطنى مكانا اقف عليه وانا أحرك الكرة الارضية » .
- وابتكر « اللولب الدوّار » (حلزون ارشميدس) وهو لا يزيد عن كونه آلة رفع الماء من المستويات السفلى .
- كما كان عَشّاقا للعلوم الرياضية ــ رغم شهرته بابتكار الاجهزة الميكانيكية ــ مما دفعه لان يُوضّح بعض غوامض علم الهندسة. والواقع ان كثيرين من فلاسفة اليونان ساهموا بنصيب كبير فى مجال الرياضيات .
- وهذا اقليدس صاحب الهندسة الاقليدية الشهيرة ومجهوده لا يخفى فى دراسة المستويات والمسطّحات ولا تزال أُسس هذه الهندسة راسخة حتى يومنا هذا .

ولسنا فى حاجة لان نُؤكّد مدى احتياج المهندس للرياضة كإحدى وسائله الاساسية مما يجيز لنا اعتبار تقدمهم فيها أهم مساهمة يونانية فى الهندسة عموما .

خامسا : الهندسة عند الرومان

تلقف الرومان مشعل الحضارة الذى خلفه اليونانيون ليمدُوه بزيت جديد يُقوّى به ضوءه على امتداد الزمان .. فلقد استطاعت الامبراطورية الرومانية ان تتسع لتشمل مواقع كثيرة من العالم القديم (تضمنت العالم العربى كله تقريبا) .

وكان مهندسوها يطبعون هذه البلدان متى نزلوها بطابع الحياة الرومانى ... من طرق وكبارى وقنوات مائية ومبان عامة وملاعب . ولا يزال الاثر الباقى من هذه المنشآت مستخدمًا حتى عصرنا هذا دليلا عبقريًا على حذق البناء .

وتميّز المهندس الرومانى بالفكر العلمى على خلاف اليونانى الذى ورث عنه أُسس الهندسة فاهتم بالمواد وكيفية تطويعها لتخدم بأكبر كفاءة مُمكنة ، وتعتبر كفايات المهندس الشهير « ڤيتروڤيوس » (القرن الاول ق.م) هى الاساس فيما وصل إلينا عن استخداماتهم للمواد والأدوات .

لقد أجادوا استخدام الحجارة والطوب والاسمنت .. وهذا الاخير هو دعامة عملهم الابتكارى فى التغلب على أكثر مُشكلاتهم تعقيدًا وهى البناء تحت الماء .. فتضمنت مشروعاتهم القنوات المائية وقواعد الكبارى فى قاع النهر وارصفة الموانى ونظم المجارى والصرف .

أما كيف توصّلوا للأسمنت فالتجربة كانت رائدهم فى ذلك .
لقد استخدم بناءوهم الحجر الجيرى المطحون والمخلوط بالرمل والماء كمادة لاصقة لكنه إذ يجف يتفتت كما لم يكتسب الصلادة تحت الماء .. إلا ان احد المهندسين المغرمين بالتجربة أضاف يومًا بعض الرماد البركانى للخليط فكانت النتائج غير منتظرة .

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

وكان للرومان السَبْق فى إقامة القباب ولهم فيها آثار فخمةكالبانثيون وحمّامات ديوكليتيان . وبرع المهندس الرومانى فى بناء القوس « العقد » وظهر ذلك جليًا فى منشآت القنوات المائية التى شُيّدت بالحجارة والطوب فى طبقة او اثنتين واحيانا ثلاث .
وامتدت قنواتهم أميالاً عَبْرَ الأقاليم والوديان والانهار والأرض الوعرة واستطاعت روما مثلاً الحصول على مائها بواسطة إحدى عشرة قناة حملت فيض الماء من موارده الجبلية إلى خزانات المدينة وامتدّ بعضها اكثر من خمسين ميلاً .

وساعدتهم درايتهم بالاساسيات أن يصلوا بقواعد الكبارى إلى الطبقة الصخرية تحت قاع المجارى المائية ، وكان عليهم ليحقّقوا ذلك وضع ستائر مُحكمة من الاخشاب حفظوها بالتفحيم لمنعها من العفن تحت الماء ــ فى صفّ او صفّين تُملأ فيما بينها بالطين الثقيل أو البوزولانا لحجز الماء عن الموقع .. ويُستخدم هذا الحاجز حديثًا باسم السد المحيط Coffer dam حيث تُنزح المياه من داخله بواسطة حلزون أرشميدس « الطنبور » او بالدلو « الشادوف » .

وأعمالهم المائية تشاهد حتى اليوم فى ارصفتهم على نهر التيبر وكوبرى « بوتر فابريكيوس » الذى أُقيم عام ٦٢ ق.م .

ودفعهم تشجيع التجارة والتنمية ، كذلك اهميةالتحركاتالعسكرية لديهم إلى الاهتمام بالطرق اهتمامًا كبيرًا ... وكانت اول ما ينشئون بمجرد دخول جيوشهم بلدًا ما .

وبمرور الزمن اتصلت هذه الطرق بتلك المتشعبة من روما نفسها حتى لقد شاع المثل القائل « كل الطرق تُؤدّى إلى روما » .
ويذكر المؤرخون ان شبكة الطرق هذه بلغت من الطول ٨٠.٠٠٠ كيلو متر اطلق على الرئيسى منها « الطرق الامبراطورية » ومنها « طريق

ايبان » الذى لا يزال يعمل فى خدمة المرور حتى كتابة هذه السطور ، وكانت هذه الطرق تُشيّد من عدة طبقات من الحجر والزلط والرمل والأسمنت يعقبها كساء من كتل حجرية صلبة يبلغ سُمكها حوالى ٥ر١٢ سم تلصق 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 الأنفاق التى حفروها بوسائل بدائية كأن يُسخّن الصخر بشدّة ثم يُصب عليه الماء البارد .

وكانت النتيجة المحتمة لذلك كله أن يُصبح السفر سهلاً ميسورًا عن اى 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 التمامد وفى أطراف اذرعه خيوط بكل منها ثُقل ، وتتحدّد استقامة خط ما إذا شُوهد على امتداد اى خيطين معتدلين عموديا ، ومن الغريب ايضا انه يُحدّد الزاوية القائمة بدقة تثير الدهشة .

والشوروباتس جهاز لاختبار استواء السطوح وهو أداة ضخمة طولها نحو ٩ امتار مصنوعة من قطعة خشب مستقيمة ترفع من طرفيها ويُقوّى هيكلها بحمالات مستعرضة بها عِدّة « حزوز » او خطوط أفقية وتتدلى على طول القطعة الخشبية المستقيمة خيوط يعرف المهندسون من اتفاقها التام مع « الحزوز » أن سطح طريقهم مستوٍ .

ولعل الديوبترا هى اكثر الأدوات المساحية التى استخدمها الرومان طرافة .. ويُقال أن مُبتكرها هو « هيرو » السكندرى ثم تعهدها اليونان بالتحسين والصقل حتى استطاعت أن تُؤدّى مهمتين فى آن :

فحص المساحات المستقيمة ،

واختبار مدى استواء السطوح

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

وهناك أجهزة مساحية اخرى عرفها الرومان كالقضبان الخشبية والاطوال الحبلية ذات الابعاد المحكمة الدقيقة لقياس المسافات المستقيمة،

وقد استخدموا للغرض الأخير جهازاً فذّاً بالنسبة لما يزامله من أجهزة . .وهو على هيئة عجلة طول مُحيطها وحدة قياس تعارفوا عليها.. تميّزت بالقياس السريع لأى مسافة بدحرجتها على ارض الموقع وامكن بتسجيل عدد اللفات معرفة المسافة .

وبذات المبدأ يعمل حديثا جهاز يدعى عداد المسافة ويُستخدم غالباً لاختبار انواع الوقود الجديد للسيارات عن طريق تحديد دقيق للمسافة المقطوعة ولا يزيد فى جوهره عن عجلة ذات اسلاك .

وفى مجال التعدين امكن للرومان أن يعرفوا النحاس الأصفر عن طريق التحام قضبان النحاس بتسخينها وهى مدفونة فى الفحم النباتى مع خامات الزنك المسحوق .. وربما نشأت هذه العملية فى جبال ارمينيا فى بداية الالف الأولى قبل الميلاد ولكنها لم تُصبح ذات اهمية حتى بداية ذلك العصر .

كذلك شمل التوسع النسبى انتاج الزئبق فى اسپانيا حيث استخدم لاستخلاص الذهب والفضة وتنقيتهما .

كذلك عرفوا عمليات إسالة المعادن غير الثمينة على خامات النحاس الاسپانية فى القرن الأول قبل الميلاد .

واستطاع الرومان الحصول على القصدير بوفرة فى بريتانى وأسپانيا وكرونوول وغيرها مما اثّر كثيرًا فى تنشيط التجارة الدولية .. يُضاف إلى ذلك استطاعتهم انتاج سبيكة البرونز من النحاس والقصدير بنسب مُعيّنة مما اثرّ على انتاج الأوانى والأدوات الزراعية والأسلحة بالتحسين نظرًا لامتيازه بصلابة أكبر مما للنحاس النقى .

ونظرًا لكون الرصاص مألوفاً لديهم كالنحاس تماماً عرفوا كيفية معاملته بالنار ليحصلوا عليه نقيًا خالصًا .. وتعددت اماكن الاستخراج أمامهم فى اسپانيا وبريطانيا وغيرها .

والاستخدام الرئيسى الذى اختاروا له الرصاص هو اغراض منع تسرب الماء وصنع انابيبه .. إلا أن « ڤيتروڤيوس » ترك فى كتاباته نقدًا شديد اللهجة لهذا الاستخدام لاعتقاده أن المعدن تسبّب فى تسمّم الماء مما ادّى إلى عديد من الوفيات .

ويبدو ان المهندسين وافقوه إذ استبدلوا انابيبهم تدريجيًا بأخرى من الطين .

وكان العصر الرومانى عصر الهندسة العسكرية بحق إذ استوعبت أوجه النشاط الخاصة بمجالات الحرب والمنشآت العسكرية عددًا غفيرًا من المهندسين .

كما حرص الغُزاة أمثال « يوليوس قيصر » على اصطحاب مجموعة من أمهر مهندسى العصر فى كل صولاتهم وجولاتهم .

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

كذلك فى العناية بآلات الحرب والدمار كالمنجنيق ووسائل دكّ الأسوار .. وايضا آلات تحديد مواقع المعسكرات وإقامة التحصينات والقلاع .

ومن اهم المنشآت التي وضعها « قيصر » ذلك الكوبرى الذى بُنى عَبْر الراين عام ٥٥ ق.م وأقيم من الخشب الثقيل مُمْتدًا نحو ٣٩٦ مترا مستغرقًا من الزمن عشرة ايام فقط تهيّات فيها كل المواد اللازمة لبنائه.

سادسا : الهندسة فى القرون الوسطى

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

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

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

ولعبت ظروف السطح وجغرافية المكان لأوربا الغربية دورًا كبيرًا فى تطوير طاحونة الماء حيث يتوافر الماء الجارى فى الأنهار والنهيرات .

وتحت ضغط الحرب حاصر القوطيون روما عام ٥٣٧ م وقطعوا عنها القنوات، وابتكر الچنرال بليزازيوس الطاحونة العائمة التى شاع استعمالها فى اوربا العصور الوسطى حيث كان لكل مدينة كبرى تقريبا مثل هذه الطواحين تحت عقود الكبارى .. ومنها ما هو موجود حتى هذا العصر.

ويجب ألا يغيب عن الذهن أن المكنات 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 اوربا الغربية ان تفيد من هذا التغيير ... فشاع استخدام المحراث ذى العجلات وأمكنه عزق تربة قاع النهر الغنية الثقيلة برغم ظروف الصرف السيّئة فى بعض اماكنه .. واذا تضاءلت ضرورة الحرث فى اتجاهين متعامدين استحدث نظام الشرائح فى تقسيم الأرض ، وحيث احتاج هذا المحراث إلى قوة اعظم بدأ الفلاحون نمطاً من التعاون المثمر بتجميع ثيرانهم مؤسسين بذلك ما عُرف فيما بعد بالضيعة ، وافاد الانتاج كثيرًا حين استبدلت الزراعة الثنائية 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 ـ وهو فى الواقع اسوا نتائج سقوط الإمبراطورية الرومانية ـ ان يلتزم ملاك الأراضى ـ نظريًا ـ بصيانة الطرق .

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

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

كذلك استبدل المحور الأمامى للعربة ـ والذى كان بصفة عامة جزءًا واحدًا مع عريشها بوصلة متارجحة سهّلت لها الدوران فى الأجزاء المنحنية .

وحيث ظلّ النقل المائى ارخص سُبل نقل البضائع كما ظلّت مراكب العصور القديمة باقية تمخر عباب الماء فإن معظم النقل شقّ اقصر 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 تُمشّط الصوف وتندفه وتقوم أخرى بغزله وثالثة بقصره ومعالجته .

وثَمّة كشف آخر لعب دوره فى تطوير الانتاج اذ ابتكر بورجيزانو البولونى عام ١٢٧٢ مكنة لغزل الحرير . . . ولم تتحصل البلدان الأخرى على هذا الابتكار إلا متأخرًا . . . فلم تعرف فلورنسا والمراكز الإيطالية شيئًا عنها حتى ١٥٣٨ كذلك ظلّت بعيدة عن متناول إنجلترا حتى القرن السابع عشر .

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

وعلى الرغم من استخدام الفحم المستخرج من اماكن عديدة فى اوربا على نطاق واسع فى عمليات تعدينية اوّلية إلا ان الصهر النهائى استمر

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

وتعاظم دور الحديد الزهر حين استطاع خِدْمة ادوات الحرب باعتباره الأساس لصناعة الأسلحة النارية آنذاك .. وكان ذلك إيذانًا للنماذج الرومانية والاغريقية من السلاح كالمنجنيق والمقلاع أن تدخل متاحف التاريخ .

ونفس الشيء حدث مع وسائل التفجير إذ كان على المخاليط الحارقة ـ والتى قوامها نترات البوتاسيوم ومقطرات البترول الخفيفة ومُكونات اخرى عرفها الشرق منذ زمان مبكر (وقد عاد الصليبيون بقصص رهيبة مختلفة عن « النيران الإغريقية » المخيفة التى لاقوها من أسلحة الجيوش العربية) ـ أن تدخل هى الأخرى متاحف التاريخ تاركة مكانها لمتفجرات البارود ، وصاحب ذلك تقدّم بعض وسائل التشغيل كالسباكة حيث كانت البنادق تُشكّل بالسبك ، واستطاع التطور الحربى للمدفعية والقذائف ان يمدّ تأثيراته ليطور التكنولوچيا ايضا ... ففتح المجال لدراسة مسار المقذوفات وتأثير الجاذبية والتصادم وسائر المشاكل المتعلقة بميكانيكا الحركة والتى امتد حلها ليخدم ما هو ابعد من الغرض الحربى ذاته وكان ذلك من المثيرات التى نبّهت رجال العلم للاهتمام بعمل الصناعة وفتح المجال واسعًا للتعاون المثمر بين العلم والتكنولوچيا اكثر مما كان فى الماضى .

وكان لاستخدام الاسلحة النارية الفضل الأول فى حثّ السلطات على حلّ مشكلة التوحيد القياسى للأجزاء المختلفة نظرًا لتعدد انواع البنادق ووجود الطلقات الخاصة بكل نوع ، يضاف إلى ذلك إدراك القيمة الهائلة لامكانية تبادل الذخيرة الأمر الذى وضح جليًا 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 قِطع الغيار فى مراكز التمويل .

واستطاعت الهندسة المدنية أن تُثرى بفنون جديدة فقد تمّت فيما بين القرنين السابع والحادى عشر حماية لا بأس بها لاجزاء كبيرة من الأراضى المنخفضة عن طريق حواجز تقيها عدوان البحر .

ومُنذ القرن الثانى عشر حُفرت مجموعة من القنوات فى هذه الأراضى المنخفضة كضرورة لابد منها لصرف المياه المتسربة من البحر وكذلك مياه الأمطار المتجمعة على فترات منتظمة .

ولم تتقدم سُبل الحياة الأخرى فى العصور الوسطى تقدمًا يستحق الذكر :

إذ ظلت مصادر الضوء الوحيدة هى الشموع ومصابيح الزيت ،

واستمرت نيران المواقد المفتوحة الوسيلة الوحيدة للاستدفاء ولم ينتشر استخدام المواقد المغطّاة بالقرميد فى وسط اوروبا حتى نهاية هذا العصر ..

وندر إمداد المدن بحاجتها من الماء بصورة منتظمة إذ لم تستوعب القنوات الرومانية احتياجات كل المدن بل إن القنوات التى وُجدت فعلاً لم تكن تخضع للصيانة الصحيحة .. واصبح الحصول على المياه يعتمد غالبًا على الآبار او الأنهار .

وساءت الظروف الصحيّة إذ أُهملت مراقبة النظافة العامة ووسائل الصرف ..

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

وتطوّر حساب الوقت فى اوربا باختراع الساعات الزمبركية والساعات ذات الثقل .. وقد كانت أبراج الكنائس فى البداية هى المكان الطبيعى لامثال هذه الساعات الميكانيكية خلال القرنين الرابع والخامس عشر إلا أنه فى نهاية العصور الوسطى ظهرت ساعات أصغر للاستعمال الخاص .

وكان لاتصال أوربا فى العصور الوسطى بالعالم العربى ومِنْ ثَمَّ بالشرق الاقصى الأثر الاكيد فى تعلمها انتاج نماذج أفضل من الخزف والزجاج وسجّل الاقبال على الزجاج الملون مؤشرات عالية اذ استخدم للنوافذ فى المبانى الفخمة كالكنائس والقصور وتُعدّ مورانو (قرب فينيسيا) من اشهر مراكز انتاج الزجاج ومنها انتشر إلى فرنسا والمانيا .

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

فلم يكن وصف « ڤيتروفيوس » والذين جاءوا من بعده للمعمارى بانه « المخطط والملاحظ للأعمال » اعتباطاً أو بمحض الصدفة .. ولكنه جاء إدراكاً صحيحًا لضرورة ارتباط المعرفة النظرية بالعملية فى سبيل التطوير الحِرَفى والمِهَنى ايضًا ، وكانت الحاجة لمثل هؤلاء الذين يشير إليهم التعريف ماسّة ... بَيْد أنه لم يتخذ من الخطوات ما يلزم لإعدادهم .

ولقد راح نسيًا منسيًا ما كان يتعالى من صيحات تُنادى بالإعداد والتعليم والتجهيز منذ سقطت الامبراطورية الرومانية ... واصبح من اللازم للصنّاع ان يتحمّلوا مسئولية تعليم أنفسهم بأنفسهم .

وقد أُشير للمهندس بعد القرن العاشر على انه الصانع او بنّاء الطوب واختفت كلمة المعمارى بمدلولها السابق كمُصمّم ومُخطّط لمشروعات البناء حتى القرن الرابع عشر .

ومن اللافت للنظر فى تلك الفترة أن الحرفيين استطاعوا معرفة الكامات والعجلات المسنّنة وبعض الأجزاء الأخرى للمكنات .. غير

انهم لم يكونوا مُدركين تمامًا للعلاقات التى تربط اجزاءها ... 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 او آلة جديدة .. فامكانية جنى ثمارها تكمن فى السرية والاخفاء .

وبدأ هذا الأسلوب فى الزوال تدريجيًا 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 حدثًا تاريخيًا فذًا فى حياة البشر إذ مكّنت من تداول الأفكار وانتشارها ، كما مكّنت من تناولها بالشرح والبحث والاستقصاء .

وبدات منذ ذلك الحين حركة علمية رائعة الاثر شدّت إليها كل الاهتمامات كما دَعَمَت 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 اساليب ارشميدس وبطليموس مثلاً منهجية تُحتذى .. وقرب فترة ازدهار العلم الطبيعى تعالت الأصوات التى تنادى بأهمية التفكير الرياضى وسرت حجة « كازانوس » الميتافيزيقية : « الرياضيات هى المرآة التى تظهر فيها الحقائق الكبرى للإنسان » .

وهناك اقوال عديدة لائمة دعاة العلم الطبيعى فى القرنين السادس عشر والذى يليه .. جاليليو وكبلر وديكارت .

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

« والفلسفة مسطورة فى ذلك الكتاب العظيم « الطبيعة » والمفتوح دائمًا تحت بصرنا إلا أننا لن نفهم الكتاب حتى نتعلم اولا كيف نفهم اللغة ونقرا الحروف التى كُتب بها .. إنه مكتوب بلغة الرياضيات .. وحروفها المثلثات والدوائر والأشكال الهندسية الأخرى والتى يستحيل بدونها للإنسان أن يفهم كلمة واحدة منه فبدونها نمضى متخبّطين فى متاهة مظلمة » .

ولا غرابة فى صياغة كهذه اقتصرت على الهندسة .

فقد كان الفلك ــ وهو الفرع من العلم الذى حقّق قدرًا كبيرًا من التقدم فى زمن جاليليو ــ متوائما تماما مع الهندسة "Geometry"

كذلك كان اسهام جاليليو الأساسى (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 أن اقتناعه بوجودها لم يكن اقل تأصلاً .

ولقد استطاع فى « القواعد اللازمة لتوجيه الطبيعة البشرية » ـ المكتوب عام ١٦٢٩ ـ أن يُطّور النظرية القائلة فى دراسة العلم .. بأن المفاهيم والبراهين الرياضية يمكن ـ بل ويجب ـ تطبيقها على العالم بأسره ..

وكان لابد للرياضيات أن تحتل مكانها المرموق من التطّور العلمى .. وتصبح لتقدمها فى القرن السابع عشر مفتوحًا للتقدم العلمى والتعجيل به.

ونسأل : كيف حدث هذا التأثير ؟

والإجابة تتّضح 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 اثرها ـ ولاشك ـ ولكن ليس بالطريقة التى تبدو لنا اليوم من حيث الوضوح .

فاقتصر 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 يُعمّم استعماله فيما نعتبره اليوم وظيفته الأساسية من تكوين معادلات تجتمع فيها الرموز المعبّرة عن قيم طبيعية لها وحداتها وابعادها 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 حلّ بعضها قد تمّ فى حالات كثيرة ..

وحين ثارت التساؤلات التى نشأ عنها حساب التفاضل والتكامل ـ وبالذات تلك التى استفسرت عن النهايات القصوى للمعادلات .. ومماسات المنحنيات ـ فى وقت مُبكّر من القرن السابع عشر .. اضطلع نيوتن وليبنتز بإنشاء الرابطة بين هذين الفرعين .. حيث اوضحا ان

التكامل عملية عكسية للتفاضل وقاما بادخال رموز وطرق عامة للحساب فى كليهما .

...

ولا يعنى عدم استعمال هـذا الاصطلاح : « حساب التفاضل والتكامل » قبل هذه المرحلة عدم وجود فروع للرياضيات تُعالج مسائل حساب التفاضل والتكامل .. بل ان هذه الفروع كانت موجودة ـ أو على الاقل بعضها ـ 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 سببًا فى دفع عجلة التطوير العلمى والذى كان يواصل تقدمه كلما استطاعت الرياضة أن تضع تفسيراتها وحلولها فى خدمته .

سابعا : الهندسة فى عصر النهضة

النهضة هى مرحلة انتقال من العصور الوسطى إلى العصور الحديثة . . انتقال من العصور الوسطى بثقافاتها الدينية التى سيطر فيها رجال الدين على الحياة وصرفوا الناس عن التفكير فى شئون الدنيا استعدادًا للحياة فى العالم الآخر ، إلى العصور الحديثة ذات الثقافة الدنيوية حيث اهتم الناس بمفاتن الطبيعة وجمالها وفكّروا فى مشكلات الحياة المحيطة بهم اكثر من استغراقهم فى المسائل الدينية ، واحتل فيها الطبيب البارع والتاجر النشيط والعالم المبتكر والفنّان الممتاز والأديب اللبق والعامل المجدّ ـ مكانة سامية لا تقل عن مكانة رجل الدين فى العصور الوسطى .

ثم أن النهضة كانت عصر انتقال من مجتمع زراعى يعتمد اقتصاده اساسًا على ما تغله الأرض وما يتصل بها من حيوان إلى مجتمع تجارى صناعى فضلاً عما يقوم فيه من زراعة . ويتّصل 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 نُسمّيه بالنهضة ـ لم يحدث فجأة وإنما جاء تدريجيًا على مرحلة طويلة امتدت إلى ثلاثة قرون او اكثر (من القرن الثالث عشر إلى السادس عشر تقريبا) .

ولقد زودنا عصر النهضة بتقدم هندسى كبير ـ خاصة على الصعيد الفكرى ـ عَبّر عنه احد نبهاء العصر وعباقرته ألا وهو ليوناردو دافنشى (١٤٥٢ ـ ١٥١٩) والذى عاش فى فلورنسا واستطاع بذكائه الخارق أن يطرق ميادين متعددة حين اتقن إلى جانب التصوير علومًا مثل الرياضة

والهندسة وعلم التشريح وعلم وظائف الأعضاء والنحت والموسيقى والشعر .. وقد قضى حياته فى التجريب والتجديد ولم يكمل إلا قليلاً من التحف التى بداها ..

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

وبالإضافة إلى ما تركه فى هذا السجل الحافل امكنه ان يقوم على الصعيد العلمى بدراسات مستفيضة لتصرف الماء اثناء حركته وعلاقته بالآلات والمعدّات فى استغلال طاقته والإفادة منها .

وقد صارت دراساته هذه فيما بعد احد الأسس الهامة التى استند إليها علم الموائع الحديث .. واستتبع دراساته فى السوائل أن يكون خبيرًا بتصميم القنوات وإنشائها .. ولم تزل آراؤه عن بناء الأهوسة وطُرق تشغيلها تحتفظ بنضارتها حتى هذا الزمن وبعد مضى اربعة قرون ونصف .

وكانت أعماله فى الهندسة العسكرية والمدنية إنجازًا كبيرًا اضاف للهندسة الكثير فى زمانه حيث اضطلع بتصميم انواع من اسلحة الحرب المختلفة كما تعاظمت خبرته فى بناء التحصينات الفذّة وإقامتها .

واستطاع ليوناردو دافنشى أن يكشف عن حذقه كمهندس معمارى اصيل حين وضع تصميمه ودراساته لكاتدرائية مدينة ميلان .

ولما كانت النهضة بمعناها الضيّق شغفًا واهتمامًا بالفنون والمعارف والآداب فقد ساعدت هذه الآداب والمعارف والفنون رجال النهضة على ان يروا الحياة بأعين جديدة وان يُنمّوا قيمًا وافكارًا واتجاهات جديدة أدّت إلى نقد حياة العصور الوسطى وجعلت من النهضة حركة تقدّمية دفعت الناس إلى العمل على خلق حياة أوسع من مجرد إحياء الآداب والفنون ومكنتهم من التعرف على اتجاهات لم يألفها الفكر البشرى فى عصور ما قبل النهضة .

ولعل اهم تلك الاتجاهات والأفكار والمبادىء ، احترام ذاتية الفرد وتقديره وتمجيد قوته والاعتراف بحقه فى ان يكون حُرًا فى التعبير عن نفسه قولاً وفعلاً فى الأدب والفن والعلم وفى الكشوف وفى الدين . كذلك كان من الاتجاهات الجديدة النظرة المتفائلة للفرد إلى الكون والطبيعة والرغبة فى التعرف على أسرارها وحل مشكلاتها .

وعبرت النهضة عن نفسها فى قوة وجراة فى فنون التصوير والنحت والعمارة .. ففى التصوير عنى الفنانون بعنصر الحركة وتجرءوا فى النحت على الخروج على تقاليد العصور الوسطى . أما فى العمارة فقد

اقام المهندسون القصور الشامخة والكنائس العظيمة وزيّنوها بأجمل الصور واروعها .

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

وترتب على التوسع الصناعى فى بعض جهات إيطاليا نمو « النظام المنزلى » فى الصناعة . فبعد ان كانت كل صناعة لها حرفة ونقابة يرأسها شيخ يتولى إحضار المادة الخام ويُحوّلها بمساعدة عماله إلى سلع يبيعها بنفسه ، اصبح يوجد الوسيط أو التاجر الكبير الذى يشترى المادة الخام بكميات كبيرة ويُعطيها للعمال لصناعتها فى منازلهم مقابل اجور خاصة ثم يأخذ المادة المصنوعة ويبيعها بالسعر الذى يريده وهذا النظام هو اساس النظام الراسمالى فيما بعد .

....

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

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

ولن احدثك بالتالى عن اولئك المهندسون الاوائل الذين دَعَمُوا الصلة الوثيقة بين العلم والهندسة خلال سعيهم العظيم لتحقيق افكار خطرت فى عقولهم المضيئة وعرفوا باصرار لا يعرف الكلل كيف يخرجونها إلى حيّز التنفيذ .

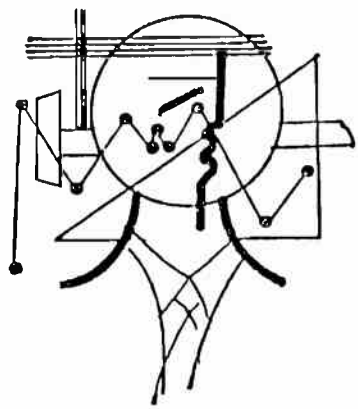
لن احدثك عن « هنرى نيوكومب وجيمس وات » وآلتهما البخارية التى فجّرت الثورة الصناعية الأولى فى أوربا كلها وطوّرت حياة الناس وأفكارهم وأمالهم ..

لن احدثك عن أبحاث الهندسة الكهربية التى قام بجهد عظيم فيها « فاراداى » و « زيتوب جرام » وغيرهما والتى جعلت منها بناء متماسكًا مكتملاً باهر الأداء وأدخلت فى استخدامات الطاقة استخدامًا جديدًا وعجيبًا جعل من الصعائب المستحيلة ثمرات دانية القطوف كماكان مُنطلقًا لتمكين التكنولوجيا الحديثة من ان تسرع الخطى وتُحدث اثرها البارع فى حياة الناس .

لن احدثك عن جهود « جوزيف بريستلى » و « هنرك كافندش » و « أوجست كيكوك » و « و. هـ. بركينز » وفريق هائل من العلماء والفنيين الذين كان لهم الفضل فى خلق هندسة الكيمياء وتثبيت ركائز المِهْنة الجديدة التى بدات تظهر كفرع هندسى فى العقود المبكرة من القرن العشرين حتى احتلّت مركزها الشرعى فى الإطار العام للمِهْنة .

ومنذ عصر النهضة والتقدم فى كل الميادين يسرع الخطى ويتداخل ويتعقّد ويتضخّم بطريقة ـ يصعب إدراكها ـ غيرت شكل الحياة من اساسه وكان لها إلى جانب مُميّزاتها العظيمة أخطارها الكبرى ايضا .

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 توزيعًا عادلاً وامينًا يترجم بصدق كل الامكانيات الإعجازية التى انتجها التقدم الهندسى الحديث .



الفصل الثانى

التسلسل الزمنى
للعلوم والهندسة والتكنولوجيا

من الجدير بالذكر فى معرض حديثنا .. أن تقدم الهندسة سار متابعًا للعلوم الطبيعية Natural Science ولكنه لم يكن متوائمًا معها.. وذلك واضح من كون هذه العلوم الطبيعية اساسًا ترتكز عليه حلول معظم المشاكل الهندسية ..

ويُوضّح الشكل البيانى رقم (٢ ــ ٤) هذه الظاهرة .. والواقع أن هذا الشكل البيانى يكاد يُصبح هو الفصل كله اومحتوى مضمونه ممادعانا لأن نتناوله بالشرح تفصيلاً ما امكن ..

إن نظرة فاحصة متأنية لهذا الشكل البيانى تقودنا لأن نرى التقدم الكبير الذى حقّقته العلوم الطبيعية فى نهاية القرن الثامن عشر ، ونلحظ ايضًا ما تبعه من إنجازات واضحة فى العلوم الهندسية فى القرن التاسع عشر .. فى الوقت الذى ارتبط فيه تقدم كل منهما بالتقدم الاجتماعى والسياسى للأمم والشعوب ..

دعنا الآن نُمعن نظرنا فى الشكل البيانى لنتتبع آثار هذا التقدم عَبْر الزمن .. ويُمكننا ان نمضى فى هذا التتبع وفقًا للتقسيم الآتى :

ا ــ تقدّم الهندسة
ب ــ تقدّم العلوم الطبيعية
جـ ــ تطوّر الأمم

ا ــ تقدّم الهندسة :

ونلحظه من اسفل إلى اعلى ، بينما يتقدّم الزمن على المحور الافقى من اليسار إلى اليمين .. ويعرض البيانى ابرز ملامح هذا التقدم مبتدئاً بها منذ ٤٠٠٠ سنة قبل الميلاد وحتى الالف الثانى بعده ، ثم يفرد فى اقصى اليمين أهمها فى القرن الأخير واضعًا إياها بمسمياتها ..

١ ـ فالعِدَدُ والمكنات بدأت منذ ٤٠٠٠ سنة ق.م بالعِظام والأحجار ثم تقدّمت بطيئة جدا فى صورة تحسين تدريجى للبرونز والصلب حتى تصاعدت فجأة فى القرن التاسع عشر لتُحقّق تقدمًا مذهلاً يُعبّر عنه البيانى بالارتفاع المفاجىء فى « خط التطوّر » ويلاحظ فيه تكاثف الابتكارات فى كل لحظة زمن تالية . ثم يعرض فى أقصى اليمين للملامح البارزة منه فى القرن الأخير ويطلقها بمسمياتها كالأوناش والناقلات والمكنات الأوتوماتيكية وعِدَدُ السرعات العالية ومكنات توليد القوى والتحكم الإلكترونى فى العمليات والمصانع .

٢ ـ وفى أعلى العِدَدُ والمكنات مباشرة يعرض الشكل البيانى للتقدم الحادث فى المبانى .. والذى بدأ بالاهرامات فى حوالى ٣٥٠٠ ق.م ، ثم تصاعد بطيئًا أيضا ليشمل التطور الحادث فى المعابد من حوالى ٥٠٠ ق.م حين بدأت فنون المعمار تُغذى بناء القصور الذى تبعه تقدم ملحوظ امكن التعبير عنه فى الكاتدرائيات (لاحظ الارتفاع الحادث لخط التطور فى مراحله المختلفة بالإضافة إلى الميل المتصاعد فيه) . وبالإقتراب من نهاية الألف الثانية بعد الميلاد يحدث الارتفاع المفاجىء فى خط التطوّر ليُعبّر عن التطوّر الكبير فى المبانى والذى يُسجّل ابرز ملامحه فى ناطحات السحاب والمصانع والفنادق وهياكل الصلب .

٣ ـ أما الكبارى فقد بدأت منذ حوالى ١٠٠٠ عام ق.م بسقالة من خشب ، ثم حدث تطوّر كبير فى حوالى ١٠٠ ق.م باستخدام العقد الحجرى واستمر التطوّر بنفس المعدّل تقريبا (لاحظ ميل خط التطوّر) حتى سجّل معدلاً خارقًا (الميل شديد الانحدار) فى القرن الأخير وقدّم أبرز ملامحه فى الكبارى ذات البحور الطويلة والكبارى المتحركة والكبارى من الخرسانة المسلحة ومُستّمات الصلب والعقود ..

٤ ـ وفى الهيدروليكا يُوضّح الشكل البيانى تقدمًا بطيئًا جدا فى مجالات الرى والصرف والقنوات والخزانات تبعه انتقال مفاجىء فى معدّل التطور فى حوالى ١٧٥٠ م وسجّل ابرز واهم ملامحه فى القرن الاخير فى السدود والطلمبات والتربينات والوقاية من الحريق .

٥ ـ والأعمال الصحية أيضا لم يلتفت إليها إلا منذ حوالى ١٠٠٠ عام ق.م فتقدمت ببطء شديد حتى اعتنى بها الرومان فسجّلت تقدمًا ملحوظًا باستخدام المواسير وانظمة المجارى ثم انتكست متدهورة فى حوالى ٥٠٠ م (الميل المعاكس لخط التطور) ثم عادت لتبدأ تقدمًا بطيئًا جدا فى حوالى ٧٥٠ م . وبإدخال التحسينات عليها بدأت تحرز تقدمًا ملحوظاً فى حوالى ١٥٠٠ م باستخدام المضخات تبعه تقدّم آخر فى حوالى ١٧٥٠ م باستخدام مواسير حديد الزهر لم يلبث ان استتبع بتقدم مذهل فى القرن الأخير سجّل أبرز ملامحه فى تنقية المياه والمجارى الصحية ومعالجة المجارى وسباكة المواسير والتخلص من الفضلات باستخدام الذرة والتحكم فى تلوث الهواء .

٦ – وفى مجال النقل يوضح الشكل البيانى أنه بدأ فيما قبل الميلاد بالجَمَل والمركب المسطح والعربة الصغيرة التى تجرها الخيل (الكرتة) وهى وسائل لا دخل لها بالتقدم الهندسى .. كذلك يُوضّح ان الهندسة لم تُدخل الطرق فى إطارها إلا فى حوالى ١٠٠ ق.م ثم حققت تقدمًا كبيرًا فى عهود الرومان لم يلبث أن انتكس (الميل المعاكس) فبدأت من جديد بتطوّر شديد البطء حقّق تقدمًا ملحوظاً فى استخدام المركب فى حوالى ١٢٥٠ م . تبعه بتقدم آخر فى حوالى ١٥٠٠ م عبّرت عنه المركبات ذات العجلات حتى ١٧٥٠ م تقريبا حيث بدأ التطور يُسجّل معدلاً خارقًا (الميل شديد الانحدار) سجّل ابرز ملامحه فى الطيّارات والسيّارات والطرق السريعة والقاطرات الكهربية والسفن البخارية والملاحة التلقائية والنفاثة والدفع النووى والدفع الموجه والصواريخ والقذائف .

٧ – وفى علم الفلزات (الميتالورجيا) يوضح الشكل البيانى البطء الشديد فى تقدمه الذى بدأ بالسبائك الطبيعية وشمل فى حوالى ١٥٠٠ ق.م التطبيع . وفى حوالى ٥٠٠ بعد الميلاد « صلب بلستر » حتى بدأ منذ حوالى ١٣٠٠ م بتحقيق مُعدّلات اكبر للتقدم فى الحديد الزهر ثم الفرن اللافح ثم الدرفلة وحقق فى القرن الأخير تقدما كبيرًا جدا سجّل ابرز ملامحه فى المعالجة الحرارية والسبائك والألومنيوم وغيرها .

٨ – وفى مجال القوى يُوضّح الشكل البيانى انها استمرت بشرية زمنًا طويلاً حتى استعان الإنسان بقوى الحيوان والماشية .. وفى حوالى ٥٠٠ م أمكنه ان يفيد من قوى الخيل حتى ٧٥٠ م حين افاد بالقوى المتولّدة عن الفحم الحجرى فبدأ من هذه اللحظة تقدمًا كبيرًا فى استخدام القوى تبعه بتقدم آخر (مع فجر الثورة الصناعية) حين أمكن استحداث آلات البخار التى لم يلبث أن استتبعها بتقدم خارق (الميل شديد الانحدار) سجّل ابرز ملامحه فى البخار ذى الضغط العالى والكهرباء والتربينات البخارية وآلات الاحتراق الداخلى والتربين الغازى والمفاعلات الذرية والشمسية ..

٩ – وينهى الشكل البيانى عرضه للتقدم الهندسى بمجال آخر هو مجال المواصلات فيشير إلى بدايتها بالعدّائين واستخدام الإشارات النارية عن بُعد حتى كانت الحروف الابجدية فى حوالى الالف الأول قبل الميلاد نقطة تطور كبيرة بالنسبة لما سبقها . ثم جاءت الطباعة فى حوالى ١٤٠٠ م فأحدثت تطورًا كبيرًا آخر تزايد بعد ١٧٥٠ م بتتابع سريع حتى بلغ حدًا مُذهلاً من التطور فى القرن الأخير (يكاد ميل خط التطور يقترب من اللانهاية) سجل ابرز ملامحه فى المبرقة الكاتبة والراديو والتليفزيون والتليفون السلكى واللاسلكى والتلغراف ..

ب ـ تقدّم العلوم الطبيعية :

- العصر الحجرى [٤٠٠٠ ق.م ـ ٢١٧٠ ق.م]
- العصر البرونزى [٢١٧٠ ق.م ـ ١١٥٠ ق.م]
- العصر الحديدى [١١٥٠ ق.م ـ ١٨٥٠ م]
- عصر المكنات [١٨٥٠ م ـ الآن]

١ ـ ثم يعرض للعلوم الطبيعية على المحور الرأسى مُبتدئًا بالتطورالحادث فى مجال نظم القياس .... وهو لا يُسجّل فيه اى تقدم حتى ١٢٥٠م مكتفيًا بإيضاح وسائل القياس المستعملة فيما قبل ذلك كالوحدات البدائية وخطوة الجمل او خطوة الإنسان أو الجروما وذلك من الميلاد حتى ١٢٥٠ م ، حيث بدأ التطور الحقيقى يتتابع باستخدام البوصلة واليادرة القياسية والنظام المترى حتى بلغ معدلاً خارقًا فى القرنين الأخيرين (الميل شديد الانحدار فى خط التطور) وسجّل ابرز ملامحه فى أجهزة القياس والموازين الحساسةوالترمومتر والميكرومتر ومُحدّدات القياس الإلكترونية .

٢ ـ يلى ذلك الفيزيقا وقد بدات بكمية كبيرة نسبيًا من المعلومات التى تضمّنتها الفلسفة الطبيعية فى حوالى ٤٠٠ ق.م ثم استمرت بتقدم بطىء جدا (ميل خط التطور يكاد ينعدم) فشملت المغناطيسية والعدسات حتى بعد ١٥٠٠ م حين بدأ التطور يتتابع قويًا باستجلاء فيزيقا البترول والغازات والجاذبية الأرضية إلى أن سجّل معدلاًخارقًا فى القرنين الاخيرين (الميل شديد الانحدار فى خط التطور) سجّل ابرز ملامحه فى الحرارة والضوء والصوت والكهربا والموجات والأشعة والجُسيمات دون الذرّية .

٣ ـ ولا يُسجّل الشكل البيانى للميكانيكا اى تقدم إلا فى حوالى ٢٠٠ ق.م حين أمكن تطوير البكرة والترس والرافعة مكتفيًا ـ فيما قبل ذلك ـ بذكر الرافعة والمستوى المائل والخابور والعجلة التى شاع استخدامها طوال الفترة التى سبقت هذا التاريخ . اما فيما بعده فيستمر التطور عند النقطة التى بلغها فى ٢٠٠ ق.م حتى يتدافع نحوه التطور الحادث فى القوى ودراسة الحركة والهيدروليكا وأبحاث الاجهاد والانفعال (لا حظ تناظر التقدم على الخطوط الراسية فى الشكل البيانى فى هذه المجالات الهندسية وتأثيرها المتبادل) ، ويستمر التقدم بعد ذلكبمعدّل كبير جدًا ليسجل أبرز ملامحه فى القرنين الأخيرين فى مجالات تحليل الاجهادات واختبار المواد ونظرية المرونة ودراسات الكينماتيكا .

٤ ـ اما الكيمياء فقد بدات بالسحر الذى ساد العصور القديمة كلها حتى دخلتها بعض الفنون التى اكسبتها صفة العلم فى حوالى ٤٠٠ق.م واستمرت كذلك حتى ٧٥٠ م حين وُضعت أُسس الكيمياء القديمة التى انتشرت دون تطوير يذكر حتى القرنين الاخيرين حيث بلغ التقدم

فيها معدلاً جارفاً سجّل ابرز ملامحه فى دراسات وابحاث وتجارب العناصر والذرات والايونات والمواد العضوية .

٥ ـ ثم يختتم الشكل البيانى عرضه بالتقدم الحادث فى الرياضيات والذى بدأ بالهندسة فى حوالى ٤٠٠ ق.م واستمر كذلك حتى اضيفت بعض المبادىء الأولية للجبر إليها فى حوالى ٥٠٠ بعد الميلاد . ثم كان حساب المثلثات فى حوالى ٧٥٠ م نقطة تطور كبيرة فى الرياضيات تبعها بعد ذلك تطور آخر حين عُرفت اللوغاريتمات فى حوالى ١٢٥٠ م ثم تتابع التطور بعد ١٥٠٠ م حين وُضعت أسس الهندسة التحليلية فالتفاضل والتكامل لم يلبث التطور بعدها ان حقّق معدلاً كبيرًا (الميل المنحدر لخط التطور) سجّل ابرز ملامحه فى تحليل الموجات والدوال الزائدية والرياضة العالية .

حـ ـ تطوّر الأمم :

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

- العصور القديمة [٤٠٠٠ ق.م ـ ٤٥٠ م]
- العصور الوسطى [٤٥٠ م ـ ١٤٠٠ م]
- العصور الحديثة [١٤٠٠ م ـ الآن]

ونُحبّ هنا ان نُسجّل هذه الملاحظات وفقًا الترتيب الزمنى الآتى :

١ ـ العصور القديمة

- الأزمنة الأولى من العصور القديمة :

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

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

ويُلاحظ ان كل انواع التطور المبدئية فى مجالات العلوم والهندسة كانت نتاجًا للتطور الحادث فى هاتين الحضارتين .

ويُعبّر الرسم البيانى عن العصر البربرى لوسط وشمال اوربا وهو عصر لم تتحدد فيه الشخصية الأوربية بعد ـ بالخط المتقطع والذى سار متوازيًا 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 فى التميز والوضوح .. تمامًا كما حدث بالنسبة لليونان .

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

● الأزمنة الأخيرة من العصور القديمة :

وقد ازدهرت فى ثُلثها الأول حضارة اليونان التى استمرت ايضاً معظم الثلث الثانى من هذه الفترة . .

ويُلاحظ من التناظر الراسى انها قـــد جاءت بالكثير فى مجالات الرياضيات والفيزيقا (الفلسفة الطبيعية) . وينتهى بالقرب من نهاية الثلث الأول الدور الذى أدّته كل من مصر وبابل وآشور يليه الدور الذى لعبته سوريا وفينيقيا .

كما تحدّدت معالم الشخصية الفارسية فى الوقت الذى بدات فيه الملامح الرومانية تتميّز بينما ظل وسط وشمال اوربا بحالة عدم التميّز السابق ذكرها .

وحيث ينتهى الدور الفارسى واليونانى قُرب نهاية الثلث الثانى من هذه الفترة تقوى الشخصية الرومانية جدا حتى يطلق على العصر كله : « عصر السيطرة الرومانية » .

ويُلاحظ هنا من التناظر الراسى هذه الإضافات الحادثة فى اغلب مجالات التطور العلمى والهندسى وعلى الأخص ما حدث منها فى مجالات المبانى والكبارى والأعمال الصحية والنقل .

ويُمثّل الثلث الاخير من هذه الفترة سقوط أوربا وخضوعها للسيطرة الرومانية كمقاطعات تحت الحكم الرومانى .

٢ ــ العصور الوسطى

وتمتاز هذه الفترة ببدايات « التميّز الدولى » للمقاطعات الرومانية حيث ساد فى أوائلها عصر عـــدم التفرقة الذى مَكّنت فيــه الدولة البيزنطية سيطرتها الكاملة .

ويُلاحظ من التناظر الراسى هذه الإضافات الحـــادثة فى مجالات الرياضيات والكيمياء والقوى والفلزات والمبانى والكبارى فى الوقت الذى نرصد فيه ايضا ذلك التخلف الحادث فى مجال النقل والأعمال الصحية ولعل الفحم الحجرى (القوى) هو ابرز الآثار التطورية فى هذه الفترة .

ويبدو التميّز الواضح للدول الوليدة فى النصف الثانى من هذه الفترة حيث ظهـرت روسيا وانجلترا وفرنسا وأسبانيا وبروســيا (التى اصبحت فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر المانيا) ، كما بدات الشخصية النمساوية والهولندية والايطالية فى التميّز والوضوح .

ويُلاحظ من التناظر الراسى هذا التقدم الكبير فى كل مجالات العلوم والهندسة بلا استثناء ، ولعل الطباعة هى أبرز انجازات هذه الفترة واعظمها أثرًا .

والذى لا شك فيــه أن ذلك التميّز الكبير بين الدول كان الحـافز الأساسى وراء هذا التقدم نظرًا لمحاولة كل منها تملك زمامه وسبق اقرانها . .

٣ ــ 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 النهضةوالذى كانت الإمارات الايطالية رائدة له .

ويُلاحظ أن المعدّلات الخارقةللتطور والمعبّر عنها بالميل الشديدالانحدار لخط التطوّر فى كل مجالات العلوم والهندسة قد صاحبت ظهور أمريكا فى الثُلث الأخير من العصور الحديثة اى فى نحو ١٧٥٠ م وانطلقت بمعدّلها المذهل من هذه النقطة او ما بعدها .

ولا بد أن يكون واضحًا أنه وإن كانت أمريكا هى رائدة التقدمالحادث فى هذه الفترة فإن هناك جهودًا لا يمكن اغفالها لكثير من الدول الأخرى وفى مُقدمتها روسيا واليابان وإنجلترا وفرنسا والمانيا . . .

ولعلك تلاحظ الآن قوة الشكل البيانى فى عرضه الموجز والواضح ايضا لكل ما فَصّلناه امامك من شرح لمضمونه ومحتواه وهنا تبدو اهمية استخدام البيانيات ــ كوسيلة تعبير ــ فى توقيع المعلومات بأوضح مايمكن وبأكثر الطرق اختصارًا ايضًا . .

. . . . . .

ويُلاحظ فى استعراضنا السابق للشكل البيانى اننا لم نفعل اكثر من « قراءة » اى اننا افردناه امامنا واخذنا « نقرؤه » محاولين عدمإغفال أى دلالة من دلالاته .

وبناءً على ذلك . . فالأمر يحتاج لعرض ــ ولو سريعًا ــ للملامح الرئيسية فى تاريخ الهندسة مُرتبطاً بارتقاء الامم والذى يعرضه الشكل البيانى رقم (٢ ــ ٤) متجمعًا طبيعيا حول خطوط هامة من التقدم فى المجالات التالية :

أولاً : العِدَدْ والمكنات .
ثانيًا : المبانى .
ثالثًا : الكبارى (الجسور) .
رابعًا : الهيدروليكا .
خامسًا : الأعمال الصحية .
سادسًا : النقل .
سابعًا : الميتالورچيا
ثامنًا : القوى .

وفيما يلى شرح للتطورات الحادثة فى كل من هذه المجالات :

تُمثِّل الآلة وسيلة الانجاز لأى 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 مُتوفرًا لديه من خامات صنع ادواته الأولية سوى الأخشاب والعِظام والأحجار التى صنع منها القواطع والمطارق .. (وقد وجدت مع الحفريات التى توصّل إليها علماء الآثار ... كما أن العِدَد اليدوية والمقصّات والمناشير .. وحتى المخارط البدائية وجد منها ما يرجع تاريخه للعصور الأولى) .

إن تقدم العِدَد ارتبط بتقدم المواد المستعملة فى صنعها .
وقد فسّر الفيلسوف الإغريقى « ارسطو » عام ٣٥٠ ق.م التطبيقات المختلفة للرافعة والخابور والبكرة والونش وغيرها ... كما وصف « فيتريوفيوس » 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 بطيئًا مُتثاقلاً 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 البُخار الذى غيّر مفاهيم العمل الآلى وقلب نظام الانتاج بدخول الآلة البخارية وآلات تشغيل الطاقة ..

وبالكشف عن طاقة الكهربا والبترول تفتحت امكانيات جديدة للآلة عَبَّرت فيها عن نفسها بما يتناسب وقُدرات الطاقات الوليدة واحتمالات تشغيل كل منها .

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

١ ــ مكنات تشغيل الخشب :

- ظلّت 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 بالاشارد مخرطة للأخشاب غير المنتظمة والتى جعلها « ماتيسون » تعمل اوتوماتيكيًا .
- وظل التقدم فى هذا الميدان يتواكب بعضه اثر بعض كلما تقدّمت التكنولوچيا واساليب التطبيق العملى للعلم .

ب ــ مكنات النسيج :

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

الزمن ، المجهود ، التكلفة ، الجودة .

جـ ــ مكنات تشغيل المعادن :

فى منتصف القرن الماضى ــ ورغم حدوث التقدم الكبير فى صناعة التشغيل للمعادن فى القرن الحالى فقط ــ استطاعت المطرقة والمكبس ذو الطاقة ان يحلّا محل سندان وفرن الحداد القديم .

ومما هو جدير بالذكر أن تقدم الآلة البخارية كان دافعًا لتقدم المخرطة الآلية من حيث الدّقة لانها كانت مطالبة بأن تمدّ الآلة بمستلزماتها من الاسطوانات وسائر القطع الاخرى المنتجة على المخرطة .

كذلك وضح التقدّم فى صناعة المقاشط والمثاقب ومكنات قطع التروس من حيث التصميم ...

ومن حيث التجديد فقد ظهرت المكنات التى تؤدى عمليات أوتوماتيكية بحيث تُنتج عددًا كبيرًا متماثلاً من نفس الوحدة دون احتياج لمراقبة بشرية ثم اخترع « امبروز سوازى » بعد ذلك مكنة قطع التروس الدائرية .

ولعل من اهم عوامل التقدم فى انتاج عِدَد المكنات :
ازدياد دقة الميكرومترات واجهزة القياس الأخرى ، وتعدّد زيوت التشحيم الناتجة من البترول وإحلالها محل الدهون الحيوانية .

ومن الصعب أن نحصر على وجه الدّقة التقدم الحادث فى تصنيع المكنات وتشغيل المعادن بواسطتها فى القرن الاخير ،

غير انه فى الامكان أن نقول :
إن ذلك التقدم هو دعامة اساسية ترتكز عليها حياتنا المعاصرة ..
ولا يمكنها الاستمرار بدونها ...
لانها صارت ضرورة لازمة يُصبح الاستغناء عنها هو الاستغناء عن الحضارة البشرية ذاتها ...

ثانيًا : المبانى

ا ـ عمليات البنـاء :

شيّد الأقدمون ابنيتهم ومعابدهم الضخمة عن طريق تجميع أجزاء متفاوتة الحجم من الحجارة .. ويُعطينا الهرم الأكبر مثلاً واضحًا فى هذا الصدد (٣٠٠٠ سنة ق.م) وهناك امثلة أخرى كالبارثنيون فى اليونان (٤٤٠ سنة ق.م) والكولوسيوم فى روما (٨٠ سنة ف.م) .

ولقد استعمل الإغريق مونة الجير وتوصل الرومان من بعدهم إلى استخدام مونة الأسمنت الهيدروليكى .

واستطاعوا أن يُبدعوا القباب ويُشيّدوا القصور والمسارح والحمامات برونق وجمال اخّاذ .

كذلك استخدم المصريون القدماء الزجاج واقتفى اثرهم الفينيقيون فى تطوير صناعته باكتشافهم عملية نفخه .. وتلاهم الرومان إذ صنعوا الالواح الزجاجية للنوافذ ذات الأحجام الكبيرة .

ولم يكن السقف الخشبى منتشرًا إلا أن القراميد كانت تُمثّل اهم عنصر للتسقيف .

ب ـ المواد قديمًا :

شكّلت الأخشاب مع الطوب النيىء والأحجار ـ بالنسبة للإنسان قديمًا ـ المواد الأساسية لعمل كل ما يرغب ويريد .

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

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

واستخدموا الطوب النيىء فى المنطقة الجافة من مصر والتى فى غيبة الصقيع والمطر استمرت على مدى اربعة آلاف من السنين محتفظة بما عليها من نقوش .

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

ويُقال إن الرومان ابتدعوا حرق الطوب داخـــل أفران .. إلا أنه بالرجوع إلى تاريخ بناء برج بابل تقابلنا هذه العبارة :

« لنعمل الطوب ونحرقه جيدًا »

وفى ذلك إشارة إلى أن البابليين هم الذين ابتكروا الحرق .

وقد استخدم الخشب مُثبّتًا بعضه فى بعض بخوابير خشبية ثم بالمسامير الحديدية (حوالى سنة ألف قبل الميلاد) .. إذ يُقال إن معبد سليمان كان مُجهّزًا بمسامير حديدية لتثبيت الأبواب والمفصّلات .

جـ ـ الأسمنت :

لم يكن الأسمنت ـ فى عهد القياصرة ـ ليزيد عن كونه رمادًا بُركانيًا وجيرًا مطحونين معًا إلا أنه كان يتمتع بالخاصية الهيدروليكية أى الشك والتصلد تحت الماء .

واستطاع الرومان فى ذلك العصر أن يفيدوا منه فى أبنيتهم ..

ولم تظهر أية تحسينات فى صناعة الأسمنت حتى عام ١٧٦٠ حين ابتكر « چون سميتون » خليطاً من الجير والطين يكتسب بعد حرقـه وطحنه خاصية التصلد تحت الماء .

وواصل « چوزيف أسبدن » بعده دراسة هذا الخليط متناولاً إياه بالتحسين وترقية الخواص حتى أطلق عليه عام ١٨٢٤ لقب « الأسمنت البورتلاندى » نظرًا للتشابه بين الخرسانة الناتجة من هذا الأسمنت وصخور منطقة پورتلاند بإنجلترا .

وبزيادة التوسع فى صناعة الأسمنت وتطويره تعدّدت أنواعـه .. فهناك الأسمنت المقاوم لماء البحر .. والأسمنت الحديدى .. والأسمنت المقاوم للمواد الكيميائية إلى جانب الأسمنت البورتلاندى السريع التصلد ..

د ـ الخرسانة المسلحة :

منـذ زمن بعيد استخدمت قضبان الحـــديد فى أعضاء المنشآت الخرسانية الرقيقة ولم تتعدّ وظيفة الخرسانة بها سوى كونها مظهـرًا فقط .

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

وفى عام ١٨٩٠ حاول مهندسان ألمانيان تفسير الظاهرة التى تجعل حديد التسليح الموضوع أسفل كمرة بسيطة يُقاوم اجهادات الشد بينما تقاوم الخرسانة الضغط أعلاها ...

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

٥ ـ الطرق القديمة للإنشاء :

كانت القوة العضلية قديمًا هى الوسيلة الوحيدة لأداء العمل ... وبالطبيعة .. لم يكن امام عمليات الإنشاء من طاقة لادائها سوى الجهد الإنسانى المبذول والقدرة البشرية .

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

ويذكر « هيرودوت » (٤٥٠ ق.م) أن الهرم الأكبر (٣٠٠٠ سنة ق.م) استلزم لانشائه جُهد ما يقرب من ١٠٠٫٠٠٠ عامل (مائة الف عامل) لمدة ٢٠ عاما .

كذلك استخدم ما يزيد على ٣٠ ألف عامل فى إقامة معبد سليمان (١٠٠٠ سنة ق.م) .

وقد كانت الأحجار تُقطّع بإدخال الخوابير بين طبقتين من الصخور او فى ثقوب بها .

وفى حالات أخرى استخدمت خوابير خشبية جافة مع تشبيعها بالماء فتتمدّد وينتج عن ذلك تشقّق 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 حرصًا على حياة العاملين ... فقد تركت الأنفاق بلا سقوف ولا دعامات تقيها شر الانهيار .. هذا فضلاً عن سوء التهوية الذى فرض على المناجم جوًا خانقًا لا يطاق ... ولم يكن هناك بدّ ـ نظرًا لقسوة العمل وفظاظته والأخطار المحيطة به ـ من أن يُنظر إليه كعقاب يجازى به المجرمون والخارجون على عُرف المجتمع وتقاليده وقيمه ... كما لم يُرحم العبيد من هذا العمل باعتبارهم طبقة مرذولة لا يجب أن تعامل معاملة أفضل من تلك التى يعامل بها الحيوان.

ثالثًا الكبارى (الجسور)

ونُحبّ أن نسأل انفسنا فى البداية :

كيف طرأت فكرة الكوبرى على الذهن البشرى الأول ؟

وكيف أدخلها حيّز التنفيذ ؟

لعله لاحظ احد الكبارى التى تصنعها القردة حين تمسك ببعضها البعض لينتقل أفرادها بين أعالى الأشجار من واحدة لأخرى ، ولعله اراد محاكاتها بإقامة الكبارى المعلّقة من غصون الأشجار وفروعها .

ولعل الطبيعة قدّمت الفكرة والتطبيق حين اقتلعت الريح شجرة

ذات يوم وألقت بها بطريق المصادفة عَبْر هوة واسعة عميقة القرار امكن للإنسان فى عصوره الأولى ان يعبر عليها ـ ولأول مرة ـ من جانب لآخر بسهولة ويُسر .

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

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

وبعد الرومان تقدمت امكانية الاقامة والتشييد فى ميدان الكبارى الحجرية المقوّسة غير ان ذلك التقدم لم يزدهر إلا بعد العصور الوسطى.

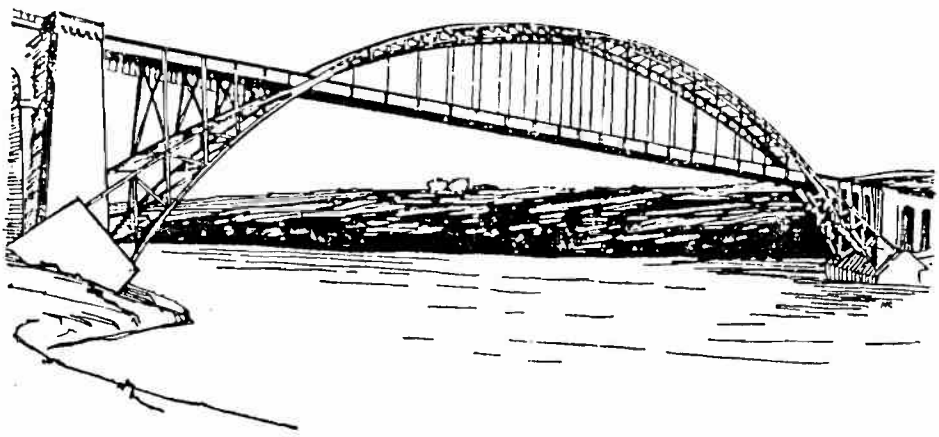
وقد حلت الخرسانة فى القرن الحالى محل القطع الحجرية نظرًا لرخص ثمنها .

وكان للتقدم المستمر فى صناعة الحديد واستخدامه فى الميادين الإنشائية فضل كبير فى أن تتحول الهياكل الخشبية للكبارى ـ والتى استخدمت لعدة قرون ـ تدريجيًا إلى حديدية .

واغلب الظن أن الهند هى البلد الأول الذى استخدم الكبارى المحمّلة على سلاسل حديدية .

ولقد ظهرت فى منتصف القرن التاسع عشر رسالة الأمريكى «سكوايرويبل» فى حساب الاجهادات فى أعضاء الهياكل واصبحت مرجعًا هامًا فى تشييد وإقامة الكبارى فيما بعد .

وبعد ذلك اخذ التقدم فى تصميم الكبارى من حيث الرونق الفنى والتحمل يُحرز تفوقًا زادت معدلاته فى القرن الأخير .



(شكل رقم ٢ ـ ٥) ـ كوبرى حديث يمر فوق نهر فالين ـ بفرنسا أُنشىء عام ١٩١٠

رابعا : الهيدروليك

لم تكن معلومات القدامى فى ميدان خواص السوائل تتعدّى أن الماء يتجه من المستوى الأكثر إرتفاعا إلى المستوى الأقل ، وبرغم هـذا فقد بنوا اعمالاً للرى والصرف واسعة النطاق واقاموا شبكات مد المدن بالمياه كما شقوا القنوات الملاحية .

ومن مظاهر التقدم فى الميـدان الهيدروليكى 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 ايضا القناة التى حفرت لتصل نهر النيل بالبحر الأحمر .. بدا العمل فيها عام ١٤٠٠ ق.م ... ثم استكمل حفرها عام ٦٠٠ ق.م ثم تُركت وقد لاقت ١٢٠٠٠٠ نفس حتفها اثناء عمليات الحفر .. إلا أن « بطليموس الثانى » حفرها عام ٣٠ ق.م فاخذت شكلها النهائى بالأبعاد: ٣٠ مترا عرضا ، ١٢ مترا فى العمق ، ٦٠ كيلومتر فى الطول تقريبا.

ودليل آخر ينهض على تقدم الأعمال الهيدروليكية يتمثّل فى شبكة قنوات الملاحة والرى بمنطقة دجلة والفرات .

ومنذ ذلك الزمان خيّم الركود على علم الهيدروليكا حتى النصف الثانى من القرن ١٨ حين فسّر المهندس الفرنسى « انطون شيزى » عام ١٧٧٥ الأسس المتحكمة فى انسياب المياه فى القنوات المكشوفة ... وبعد ذلك أحرزت الهيدروليكا تقدمًا ملحوظًا حتى استقامت كعلم له قواعده وأصوله .

خامسًا : الأعمال الصحية

أ ـ 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 متبقّ مثل « الكواكاماكسيما » وهو المصرف العظيم الذى حُفر عام ٦٠٠ ق.م لصرف مياه الأرض الرطبة للتلال المحيطة بروما .. والطريف ان استعماله لا يزال قائمًا حتى الآن .. وهو مُغطّى بسقف على شكل قوس من صخور اللافا الكبيرة الحجم لا يدعم تماسكها اى نوع من المونة .

وحتى القرن التاسع عشر لم يكن من مكان للقمـامة والفضـلات المنزلية سوى الشـارع تنقل منه لمناطق الحرق .. إلا أن القوانين المحرمة

لهذه العملية واجبار الأفراد على تفريغ الفضلات الآدمية فى المجارى العامة قد أبطل هذه الوسائل البدائية .

ب ـ الشبكات العامة لمياه الشرب

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

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

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

وكانت مصادر المياه قديما مقصورة على المجارى المائية الجبلية والبحيرات .. ولم تكن من وسيلة لتنقية المياه سوى الترسيب .. إلاانه نظرًا لعدم استطاعةتخليص المياه منالمواد الضارة والأحياء الميكروسكوبية .. فلم يكن الماء صحيًّا تمامًا .

وتوالت السنون ولم يحدث ثَمَّة تقدم فى عملية امداد المدن بالمياه فيما عدا إدخال المواسير المصنوعة من الحديد الزهر والمضخة البخارية مما ادّى إلى توفير طرق اسهل واضمن لسلامة المياه المنقولة ثم كان اكتشاف البكتيريا قرب نهاية القرن التاسع عشر بمثابة إلقاء ضوء على أهمية تنقية مياه الشرب . وكرد فعل سريع ظهر اول مرشح رملى فى اوربا عام ١٩٨٠ ما لبث أن نقلته امريكا وادخلت عليه التحسينات لضمان التخلص من البكتريا .

وقد كانت المراشح الأولى تشغل مساحات واسعة مع ان انتاجها لم يكن يتعدّى ٢٣ مليون لتر لكل مسطح قدره فدان انجليزى — "Acre" — واحد فى اليوم ويجرى تنظيفها مرة أو مرتين سنويا بعد تمام تجفيفها . ويبدو الفرق واضحًا بين هذه المرشحات الأولىوالمرشح الأمريكى الحديث (وقد استخدم هذا الأخير فى العالم اجمع) لما يتميز به من زيادة فىالقدرة الانتاجية اذ انه يُنقّى نحو ٥٦٥ مليون لتر لكل فدان إنجليزى واحد فى اليوم ولا يزيد تركيبه عن إناء كبير يوضع بداخله الرمل الذى يجرى تنظيفه بالماء النقى يوميا ولم تدخل إضافة الكلور للماء إلا متأخرًا عام ١٩١٥ .

سادساً — النقل

لوسائل النقل اهميتها الكبرى فى ربط الامكنة والمواقع ببعضها البعض « .... هذا فضلا عن التغيير الأساسى المذهل الذى حققه هذا التقدّم العلمى فى وسائل المواصلات لدرجة أن تلاشت المسافات وسقطت الحواجز التى كانت تفصل ما بين الأمم فعليًا وفكريًا »

إن ذلك يُوضّح بجلاء المدى العظيم لوسائل النقل والمواصلات فى ربط الدول ببعضها البعض .. وتلاقى تجاربها الحضارية التى لا يمكن لها إلا أن تعيش بالاتصال الخصب وبالتفاعل الخلّاق ... والتنسيق فيما بينها اقتصاديًا وعلميًا وثقافيًا ..

أ ـ النقل البرى

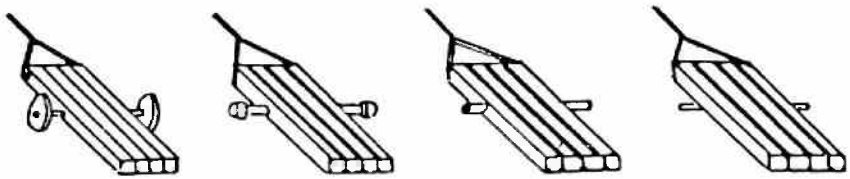
بدأ الإنسان حياته متنقلاً ومرتحلاً على قدميه من مكان لآخر .. وكانت تنقلاته محدودة بحدود عالمه الصغير وبيئته البدائية غير المعقّدة واحتياجاته البسيطة ولما استأنس الحيوان استخدمه راكبًا له ومُنتفعًا به .. وكانت حدوده آنذاك قد اتسعت وتنقلاته ازدادت بازدياد امكنة بحثه واستقراره .

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

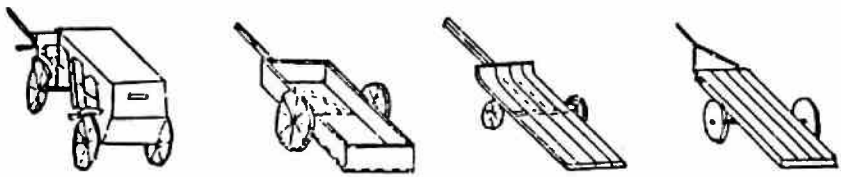
وباختراع الآلة تغيّرت حياة الإنسان بانطلاق حضارى نَوّر معيشته وغيّر مفاهيم الزمان والمكان .

فعرف السيارة البخارية ، وعرف العربة التى تسير بطاقة البترول .. [وكان ذلك عام ١٨٨٥ عندما توصل إليها المخترعان الألمانيان « ديملر وبنز » وديملر هو الذى اخترع المحرّك ذا الاحتراق الداخلى وقد جرّبه أولا على دراجة ثم على عربة وقد طوّر بنز نفس المحرك على العربة حتى بلغ به حدًا عاليًا من الدقة والفاعلية] .

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



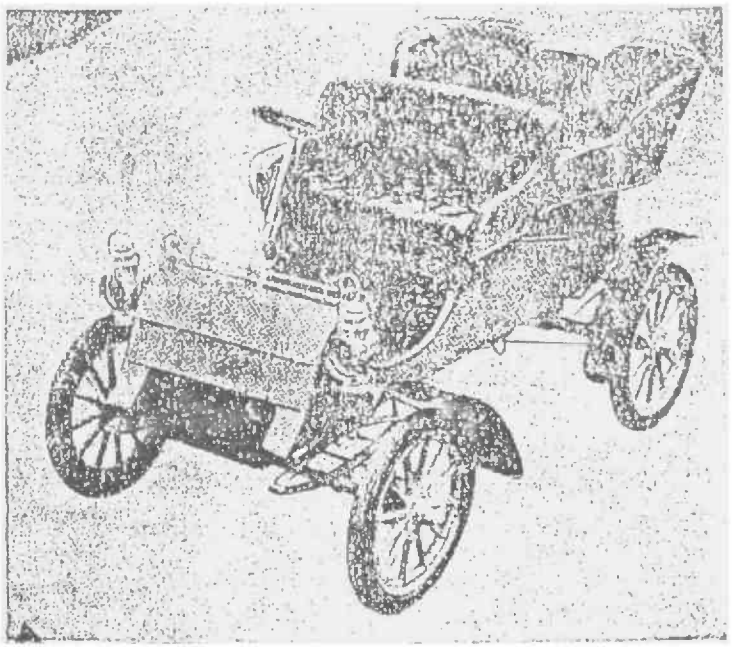
اسطوانة متحركة أسطوانة ثابتة اسطوانة ذات عجلات كتل خشبية مثبتة



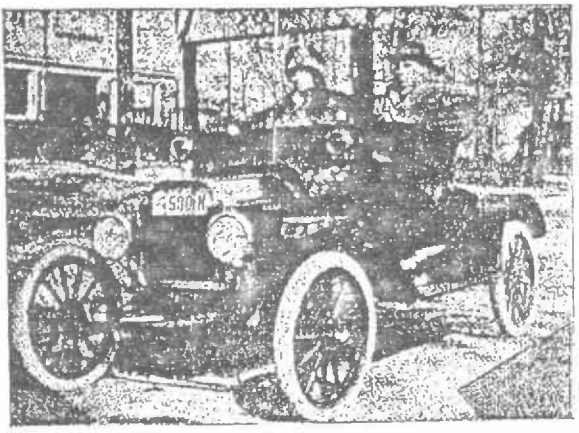
عجلة وصمة وكور مقبض ودعامة علبة وعجلة مسننة غطاء للعربة وبايات

(شكل رقم ٢ ـ ٦) ـ تطوّر العربة .

(شكل رقم ٢ ـ ٧) ـ أوتوبيس مرسيدس ديملر ١٩٠٢
تابع لمصلحة البريد الملكى البلغارى .
١٩٠٣

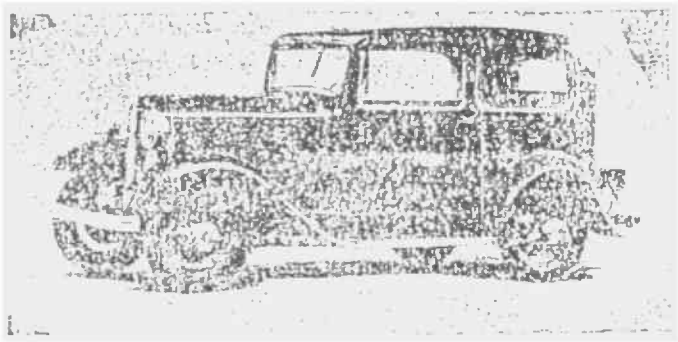


١٩٠٣

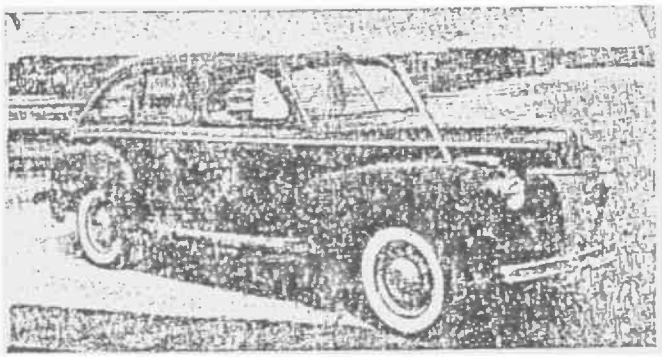


١٩١٤

(شكل رقم ٢ ـ ٨) ـ تطوّر السيارات

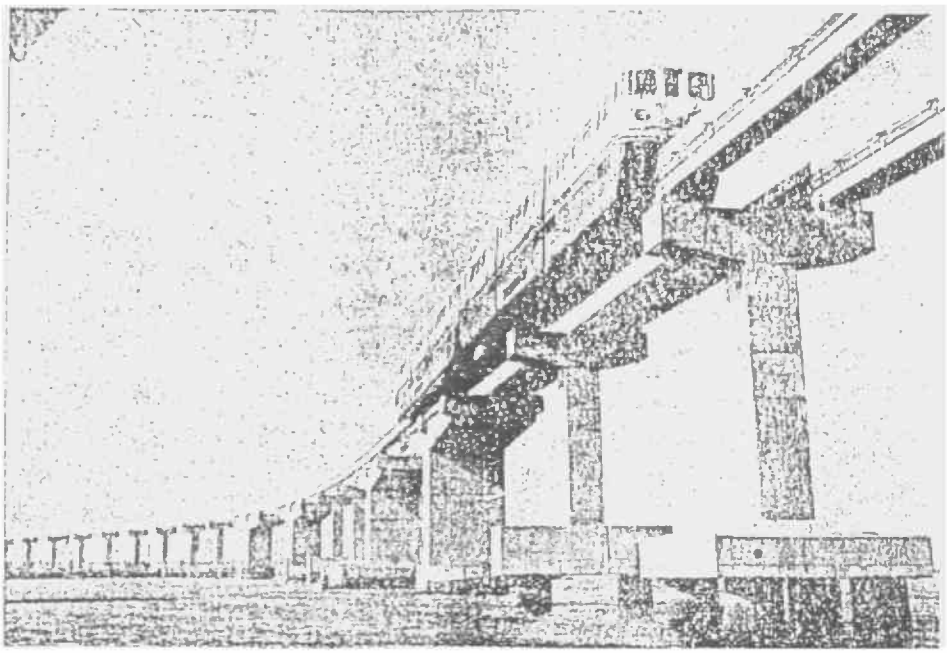


١٩٣٢



١٩٤١

(شكل رقم ٢ ــ ٩)
ــ تطوّر السيارات



(شكل رقم ٢ ــ ١٠) المونوريل

ب ـ الأنفـاق

وفى مجال النقل البرى يجدر بنا .. بل يلزم .. أن نشير إلى تعبيد الطرق وتجهيز الانفاق .

لقد كانت الانفاق الأولى عبارة عن ثقوب تُحفر داخل الصخور نظرا لعجز القدامى عن حمل السقف وحوائط الأنفاق فى التربة العادية ..

ولما كانت المفرقعات مجهولة فى ذلك الحين .. كانت تجرى عمليات الحفر بواسطة الآلات اليدوية ويقوم العمال بعد ذلك بالتخلص من ناتج الحفر .

ونظرًا لصعوبة العمل .. كان العمال يموتون بالآلاف .. ثم جاء الرومان فأدخلوا بعضًا من التحسينات فى عملية الحفر واستخدموا الأخشاب بصورة بدائية والفتحات للتهوية .

وكان اكتشاف « مارتن ويجل » للبارود عام ١٦١٣ إيذانًا بتقدم رائع فى عملية حفر الأنفاق حيث فاقت معدّلاته ما يناظرها .. وصارت منطلقًا جديدًا فى عالم الأنفاق والقنوات والطرق ..

وكانت الأنفاق الخاصة بالسكك الحديدية تالية لاختراع القاطرات ، أما مكنات ثقب الصخور فلم تستخدم إلا فى بداية القرن الأخير كما تمّ حفر الأنفاق تحت الأنهار العريضة نظرًا للحاجة إليها فى الطرق العامة وخطوط السكك الحديدية لتخفيف الضغط المتزايد على نظائرها فوق سطح الأرض كلما ازداد السكان وازدادت الحاجة إلى المواصلات .

وفى السنوات الأخيرة فقط ظهرت عدة مكنات لحفر الأنفاق تمتاز بسهولة العمل وقلّة التكاليف ، وأصبح من أكثر الأنفاق الحالية طولاً ،

نفق « سان جوتار » ويبلغ طوله ١٥ كيلومتر .

ونفق « سامبلون » ويبلغ طوله ٢٠ كيلومتر .

والاثنان يصلان ما بين سويسرا وايطاليا .

ج ـ النقل البحرى

فى حياة الإنسان الأولى ... كان مُسطّح المياه يُمثّل بالنسبة له سرًا عجيبًا 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 الشاطىء أو يبتعد عنه قليلاً .

ثم صنع القارب وعرف المجاديف .

واستعمل الشراع بعد أن ازداد حجم قاربه وصار سفينة .

ويُسجّل التاريخ براعة المصريين القدامى (٤٠٠٠ سنة ق.م) والفينيقيين وبحارة البندقية وجنوة ونابولى من عصور الإغريق حتى النهضة وعهدها الذهبى ... فى جوب البحار ومعرفة اسرارها .

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

بالمجاديف والاشرعة كما تروى لنا الكثير عن أساطيلهم الحربية الممتازة . . مما يدل على مدى تقدمهم فى استخدام المواصلات البحرية ومعرفة اسرارها .

واستند التقدم البحرى بعد ذلك على أسس متينة قدمها علم الجغرافيا وأوضحتها خرائط البلاد

فوضع « اراتوستينز » (مؤسس علم الجغرافيا) خريطة عن العالم سنة ٢٠٠ قبل الميلاد ووضع « بطليموس » خريطة عن العالم فى القرن الثانى الميلادى . . وظلت مرجعًا يرجع إليه الرحالة الجغرافيون قرونًا عدّة ، ووضع « الإدريسى » ـ وهو عربى ـ خريطته المشهورة عن العالم فى القرن الثانى عشر الميلادى .

واستخدم العرب ـ فى العصور الوسطى ـ البوصلة ونقلها عنهم الإيطاليون وأدخلوا التحسينات على صناعة السفن وعلى رسم الخرائط والاستعانة بالأسلوب الرياضى ووضع خطوط الطول والعرض . . كذلك استخدموا المزولة والأسطرلاب .

وكان لذلك كله اثره فى تقدم فن الملاحة .

ومع ثورة البخار . . استخدمت الآلة البخارية فى تسيير السفن وكبر حجمها عن ذى قبل . . واصبحت اكثر سرعة وامنًا .

ثم كانت السفن التى تسير بطاقة البترول . . وتعددت بتعدد أغراضها ، من ناقلات للبترول وللبضائع إلى سفن للركاب ، ومن بوارج وحاملات للجنود إلى غواصات وسفن حربية ؛ ومع إبداع الطاقة ظهرت السفن والغواصات الذرية .

د ـ النقل الجوى

بدأ الطيران بمحاولات ساذجة من مئات السنين . . . قام بها العالم العربى « عباس بن فرناس » . . . ولم يجد طريقة يحلق بها فى الفضاء إلا محاكاة الطيور ، ثم كان الفنان العالمى « ليوناردو دافنشى » أول من صنع أجنحة على اساس علمى . . . وتخيّل طيّارة « الهيلوكوپتر » فى القرن الخامس عشر أى قبل اختراعها بأكثر من ٣٠٠ سنة .

وفى بداية حياة الطيران اتجهت المحاولات إتجاهين . . . الأول هو البالونات والمناطيد . . وهى تعتمد على الاستعانة بغاز اخفّ من الهواء . . وقد أضيف إليه موتور للتوجيه ولكن الغاز كان خطرًا لأنه سريع الالتهاب . . . ولم يكن مُمكنا التحكم فى توجيه البالون حيث كانت الرياح تدفعه أينما تشاء . . . والاتجاه الثانى كان هو الاستعانة بتقليد هندسة الطيور . . . ويعتمد على ابتكار آلة أثقل من الهواء ولكنها تستطيع الطيران ويمكن التحكم فى قيادتها .

وقد بدأت فى إيطاليا عام ١٦٧٠ محاولات الطيران باستعمال البالونات وتوالت المحاولات بواسطة البالونات أيضًا فى فرنسا .

وفى عام ١٧٩٧ هبط أول رجل بالباراشوت فى مدينة «مونسو» قرب باريس وكان هو « چاك چارنيران » الذى قدّم اول جهاز للهبوط أنقذ الآلاف من الأرواح .

وتطورت البالونات بعد ذلك إلى مناطيد طولية الشكل يُمكن توجيهها مكانيكيًا ... وكان أشهرها منطاد « زبلن » الذى ظلّ يقوم بسفريات منتظمة بين أوربا وأمريكا من عام ١٩٣١ إلى عام ١٩٣٧ ..

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

وكانت تجارب الأخوين « ويلبور وارفيل رايت » فتحًا جديدًا فى عالم الطيران إذ يرجع الفضل إليهما فى حل مشكلة الطيران الميكانيكى إذ نجحا فى عام ١٩٠٥ أن يحلقا بطيارتهما فى الجو وأن يطيرا بها لمدة ٣٥ دقيقة ثم يعودا بها إلى نفس النقطة التى بدآ منها .

- وأصبحت الطيّارات سلاحًا حربيًا لأول مرة عام ١٩١١ فى الحرب بين تركيا وإيطاليا ... وفى 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 سببًا فى سرعة تقدم الطيران وظهور أنواع مختلفة لطيارات المطاردة وقاذفات القنابل وطيّارات الاستكشاف .
- بدأ استخدام الطيّارات ذات المحركات فى نقل الركاب عام ١٩١٦ من إنجلترا إلى فرنسا بين لندن وباريس وأنشىء أول خط جوى فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٢١ .
- فى عام ١٩٢٧ أقدم الطيار الأمريكى « لندنبرج » على فعلة جريئة إذ عَبَر الأطلنطى طائرا لأول مرة فى التاريخ ففتح بذلك آفاقًا واسعة فى الطيران التجارى .

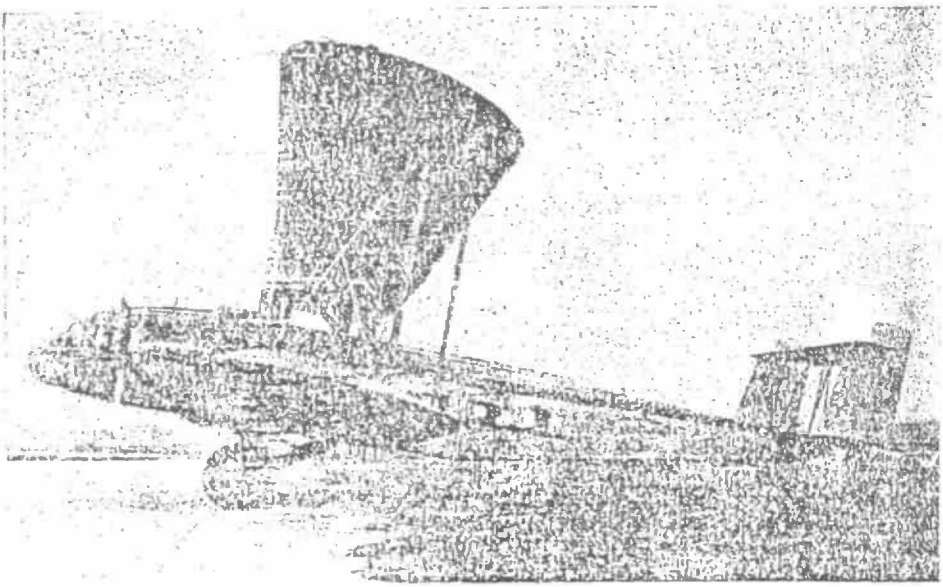
وكانت الحرب العالمية الثانية دافعًا للإسراع بتطوير الطيّارات الحربية وقاذفات القنابل وتزويدها بوسائل السرعة والقوة والأمان ...

وساعدت الحرب أيضا فى تطوير الهيلوكوپتر لاستخدامها فى نقل الجرحى ونقل المؤن والذخيرة إلى الجنود المعزولين .. والوصول إلى المناطق الجبلية وحراسة المراكب والسفن والشواطىء لمقاومة الغواصات ... ولأعمال الاستكشاف والانتقال السريع .

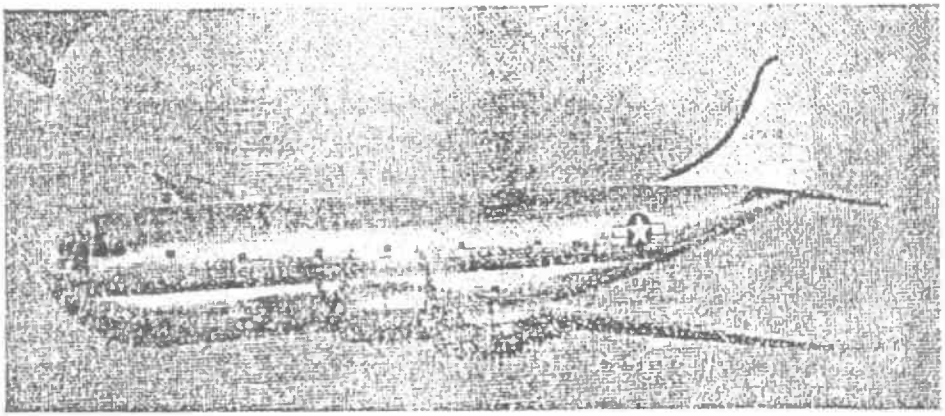
ويعتبر ظهور الطيّارات النفّاثة أكبر حدث فى عالم الطيران تحقق بعد الحرب العالمية الثانية .

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

والحقيقة ... أن الطيران سجّل معدّلاً خارقًا للتقدم يصعب إدراكه.

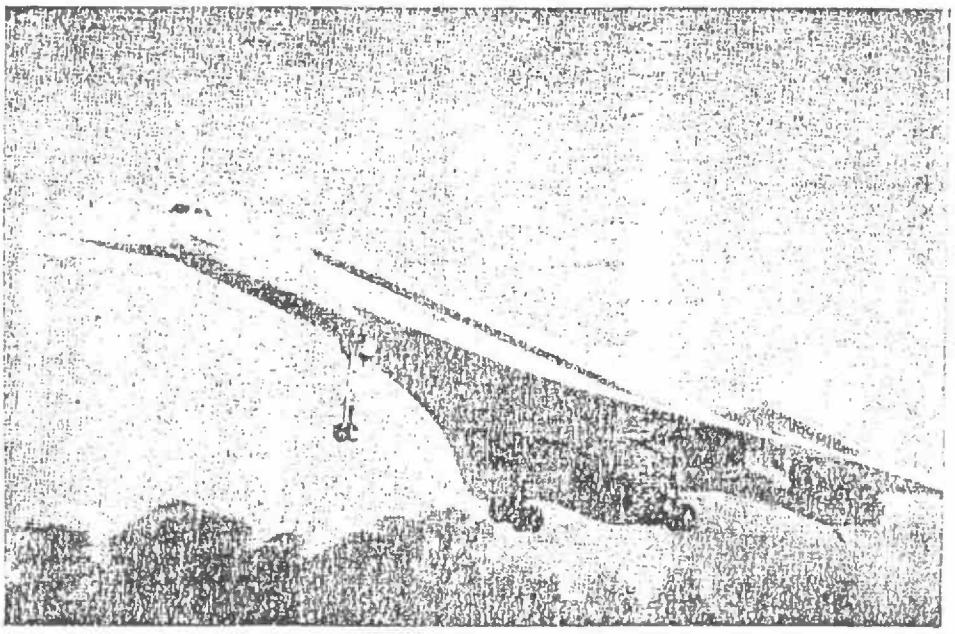


(شكل رقم ٢ ـ ١١) ـ طيّارة نقل ركاب ـ ١٩٣٠



(شكل رقم ٢ ـ ١٢) ـ طيّارة نقل ركاب ـ ١٩٤٤

(شكل رقم ـ ٢ ـ ١٣) ـ طيّارة بوينج نفاثة ـ ٧٠٧



(شكل رقم ٢ ـ ١٤) ـ طيّارة أسرع من الصوت للركاب
الكونكورد ١٠٢

سابعاً : المينالورجيا

ا ـ 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 انهم اهتدوا إلى صُنع هـذه السبيكة بخلط معدنين احدهما القصدير بعد اكتشافه والآخر نحاس بنسبة ١ : ٩ على الترتيب .

ولما فاق استخدام البرونز فى صُنع الادوات والأسلحة نظائره من المعادن المعروفة وقتئذ فقد سُمّى 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 يُبشّر بحلول « عصر الحديد » .

ب ـ المواد غير الحديدية :

اكتشف النحاس ـ الذى يدخل كمكون رئيسى فى تركيب سبيكة البرونز ـ 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 بُدىء فى استغلالها قبل سنة ٢٠٠٠ ق.م) .

ويُسجّل التاريخ نجاح الإغريق فى استخراج النحاس من اكاسيده .

ويدلنا ايضا على أن النحاس قد استخدم فى كثير من الأغراض لدى القدماء حيث وُجدت مخلفات من النحاس فى آثار المصريين القدامى يرجع تاريخها إلى ٤٠٠٠ سنة قبل الميلاد .

وقد عرف القدماء الرصاص منذ فجر التاريخ حيث اكتشفوا طريقة تحويله من الخام بتحميصه وقد استغلت مناجم الرصاص فى أسبانيا على نطاق واسع بواسطة الرومان .. واستخدم هذا المعدن بكثرة فى عمل انابيب 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 الذى لم يُعرف إلا فى القرن التاسع عشر واستخدم على نطاق واسع فى القرن العشرين .

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

جـ ـ الحديد :

أُستخدم الحديد فى مناطق مختلفة من العالم وفى أزمنة تختلف باختلاف مناطق كشفه ... وقد وُجدت عيّنات منه فى كل من مصر والهند يرجع تاريخها الى ٢٥٠٠ سنة ق.م .. إلا ان هناك من الدلائل ما يُشير إلى أن ذلك التاريخ يمتد إلى ٥٠٠٠ سنة ق.م برغم عدم انتشار استخدامها قبل الفترة المنحصرة ما بين ١٨٠٠ ـ ١٥٠٠ سنة ق.م .

كان الحديد يُستخرج من خاماته بعمليات الصهر مع استخدام فحم الكوك كوقود وذلك بوضعه فى طبقات متبادلة مع خام الحديد فى حفرة والاستعانة بالمنفاخ اليدوى يمده بالهواء فى قاعها .

وقد تقدم انتاج الحديد فى بروسيا خلال القرن الخامس عشر .

وأول من اكتشف عمليات السباكة هو الإنجليزى « ابراهام داربى » عام ١٧٠٨ وفى عام ١٧٥٠ تم صب العجلات الحديدية للعربات التى تجرها الجياد .

كذلك تم سحب الأسلاك فى القرن الخامس عشر .

وقد أضاف « چوسيا ودچوود » كثيرًا إلى ميتالورچى الحديد عندما اخترع عام ١٧٨٢ بارومترًا لقياس درجات الحرارة العالية لانصهار الحديد وذلك عن طريق تمدّد عمود من نوع خاص من الطين .

د ـ الصلب :

عرف صناع الحديد منذ القدم عملية تحسين خواص الحديد بصهره مع الفحم النباتى أى 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 فى القرن السابع عشر .

على أن ذلك التقدم ينبغى أن يُؤخذ بشىء من الحذر ... فقد كان تقدما نسبيًا حتى لتُعتبر أردأ انواع الصلب المنتجة حاليًا اكثر صلاحية من صلب دمشق الشهير الجودة .

ولقد ظلّ الصلب منتجًا مرتفع الثمن حتى القرن التاسع عشر ..

وهذا عَرض لأهم التطورات فى صناعة الصلب :
أقام « هنرى كورت » بإنجلترا عام ١٧٥٤ مصنعًا 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 فى عالم الصلب ، فبدأ الصُلب المصنوع بأسلوب بسمر يحل محل الحديد المطاوع فى المنشآت وقضبان السكك الحديدية نظرا لسهولة صنعه وبالتالى قلة تكاليف انتاجه .
غير ان أسلوب بسمر لم يُناسب الخامات العالية الفوسفور لذلك ظلت بغير استغلال حوالى عشر سنوات حتى اخترع « سيمنز مارتن» أسلوب الأحواض المفتوحة (او المجمرة المكشوفة) حيث تحرق الشوائب الفسفورية .
ولم يحدث التقدم فى صناعة مسبوكات الصلب إلا فى القرن الحالى .. ومن التوسعات الواجبة الذكر فى هذا المجال انتاج أدوات الصلب المقاوم للسرعات العالية .. ويمتاز بخاصية قطع المعادن بمعدّل عالٍ من السرعة ..
وأيضا الصلب المقاوم للصدأ .

ثامنًا : القوى

إذا ما جاز لنا أن نمد بصرنا عَبْر 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 .. وتدريجيًا استطاع أن يُسيطر على مصادر أخرى للطاقة .. كما أن أوجه نشاطه اتّسعت 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 ...
وبمعرفته للزراعة استطاع ان يفيد بجزء يسير من طاقة الشمس ...
عرف النار واستغل ما بها من طاقة حرارية وضوئية ..

حرق اخشاب الأشجار ليحصل منها على الطاقة الحرارية .. يستدفىء بها ويطهو بواسطتها طعامه .

ثم عرف الفحم النباتى واستفاد بطاقة احتراقه .

وكلما زادت قدرته فى السيطرة على الطاقة .. زاد تقدمه ونمت حضارته ..

عرف طاقة البخار .. وافاد من الفحم الحجرى

وكان لذلك اثره فى أن يبدأ ثورة الطاقة .. ويفتح الطريق واسعًا ممهدا لعصر الآلة وإبداع التكنولوچيا الحديثة وسيادة الهندسة..

عرف الطاقة الكيمائية الناتجة من إشتعال البترول ... والتى تحول إلى طاقة حركة فى السيارات وإلى طاقة حرارية فى المواقد وإلى طاقة ضوئية فى المصابيح .

وعرف طاقة الكهربا واستغلها على نطاق واسع فى القرن العشرين ..

وتوصّل خلال الحرب العالمية الثانية إلى احدث طاقة .. طاقة الذرة .

ويُفكّر الآن فى استغلال الطاقة الشمسية بطريقة جدّية .

ويُقرر الواقع ان الشمس هى المصدر الأصلى للطاقة التى يستخدمها المهندسون بصور مختلفة ... وصورتها التى وصلت عليها للأرض هى صورة الحرارة بتأثيراتها المتعددة .

وتاريخ الجنس البشرى فى عصرنا الحالى يرتبط بمدى استغلاله للطاقة ودرجة انتفاعه بها .

إن الطاقة هى القُدرة على بذل شغل ،

والحرارة هى إحدى صور الطاقة المستخدمة فى الآلات الحرارية لانتاج الشُغل اللازم لادارتها .

ولقد كانت الحيوانات اول مصادر الطاقة التى استغلّها الإنسان يعززها بعض القوى المائية ... حيث تعدّى استخدام الحيوان عمليات الشدّ المباشر إلى ادارة بعض الآلات ذات التروس لرفع المياه .

والآن فإن الآلات على اختلافها ... يستوى فى ذلك التى تعمل بالبخار او البترول تحول الطاقة الصادرة من حرق الوقود إلى طاقة ميكانيكية يُستفاد منها فى تحريك المكابس وإدارة العجلات وغير ذلك من أوجه استنفاد الطاقة .

١ ـ الفحم الحجرى :

اقتصر استخدام الإنسان لمصادر الوقود قديمًا على الخشب والفحم النباتى إذ لم يكن الفحم الحجرى معروفاً لديه بعد .

وقد تكوّن الفحم الحجرى فى العصور الچيولوجية القديمة من اصل

نباتى كثيف كان يكسو الطبقة السطحية من الأرض ... ثم اندثرت هذه المخلفات النباتية أسفل طبقات متتالية من الرواسب ... وتحت ضغوط وحـــرارة مرتفعة وبفضل فطريات وميكروبات تســـمح بتحلّل مادة السيليولوز ، تكونت الكتل الكربونية المتفحمة وعُرفت عند كشفها بالفحم الحجرى .

وتاريخ اكتشاف الفحم الحجرى ليس معروفًا على وجه التحديد .. ولكن اغلب الظن انه اكتشف فى إنجلترا نحو عام ٨٥٠ بعد الميلاد ... ثم حُرّم استخدامه بقرار ملكى نحو عام ١٢٠٠ م نظرًا للأدخنة الضارة التى تتصاعد منه نتيجة لعمليات الاحتراق .. غير أن الطلب المتزايد على الوقود وقلّة موارد الأخشاب أعادا الفحم الحجرى للاستعمال .

ويُعتبر توفر مصادر الفحم الحجرى فى إنجلترا [بالاضافة لمناجم الحديد] سببًا جوهريًا لخوضها معركة الثورة الصناعية بنجاح منقطع النظير ... ولأن يُسجّل التاريخ لها انها البلد الأول الذى اندلعت منـــه الشرارات الأولى لهذه الثورة ...

ولقد توسّعت فرنسا فى انتاجها للفحم الحجرى فى المناطق الصناعية ... وهو ينتشر فى بلدان كثيرة إلا ان أمريكا تمتاز « بنصيب الأسد » فى انتاجه .

ب ـ البترول :

تعنى كلمة بترول — Petroleum — الزيت الصخرى وهو عبارة عن خليط من عدة زيوت يمكن فصلها بالتقطير ، يتّخذ شكل سائل زيتى بُنى اللون مع وميض اخضر وكان للقدامى فـكرة ضئيلة عنه فالملاحظ ان الملاط « المونة » المستخدم فى بناء برج بابل ما هو إلا نواتج ثقيلة للبترول.

والنار المقدّسة التى كان المجوس يقصدونها للحج فى العصر الفارسى ـ بالقرب من باكو على بحر قزوين ـ ما هى إلا نتيجة لاشتعال الزيت وغازاته .

واستخدم الهنود هذه الزيوت كوقود لنيرانهم ...

وكان ظهور الزيت بأمريكا على يد مبشّر فرنسى ـ حيث اكتشف أول ينبوع بترولى غرب نيويورك ـ عام ١٦٢٧ ... وتلا ذلك عدة آبار اخرى فى بنسلفانيا فيما بعد ...

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

كانت عمليات تكرير البترول تجرى بواسطة التقطير البسيط ..

فالزيوت الخفيفة وهى الاكثر قابلية للتطاير تتبخّر ثم تتكثّف قبل الزيوت الأخرى .. فادخلت عليها عمليات تقطير جانبية .

وفى بادىء الأمر لم تستعمل غير الزيوت المتوسطة التطاير .. والتى أُطلق عليها اسم « زيت الفحم الحجرى » أو « الكيروسين » .. فى حين اعتبرت الزيوت السريعة التطاير والزيوت الثقيلة من عوادم الانتاج .

وعند اختراع آلات الاحتراق الداخلى أصبح البنزين يُشكّل المنتج الأساسى فى منتجات التقطير البترولى ... ومع تقدم الكيمياء أوجد المهندسون طرقاً متعددة للاستفادة من الزيوت الثقيلة .

ويستخدم المهندسون الميكانيكيون نواتج البترول من الوقود وزيوت التشحيم بينما يتّسع مجال الكيميائيين لاغراض شتى .

كما تُستعمل المواد الأسفلتية فى أعمال المهندسين المدنيين لرصف الطرق واغراض عزل الرطوبة للمنشآت واعمال اخرى مشابهة .

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