إشراقات

من التراث العلمي العربي

بسم الله الرحمن الرحيم

إشراقات

من التراث العلمي العربي

عبد الله بدران

دار الكتبي

الطبعة الأولى
2007 - 1427

جميع الحقوق محفوظة
يمنع طبع أو إخراج هذا الكتاب أو أي جزء منه بأي شكل من أشكال الطباعة أو النسخ أو التصوير أو الترجمة أو التسجيل المرئي والمسموع أو الاختزان بالحاسبات الالكترونية وغيرها من الحقوق إلا بإذن مكتوب من دار المكتبي بدمشق .

دار المكتبي
للطباعة والنشر والتوزيع
www.almaktabi.com

سورية ـ دمشق ـ حلبوني ـ جادة ابن سينا
ص.ب ٣١٤٢٦ ـ هاتف : ٢٢٤٨٤٣٣ ـ فاكس : ٢٢٤٨٤٣٢
e-mail: almaktabi@mail.sy

المقدمة

تسعى دول العالم أجمع في تسابق وتنافس كبيرين للوصول إلى القمة في مجال التطور العلمي والتقاني ، وتسخِّر إمكاناتها وقدراتها لدعم البحث العلمي والتطوير باعتبارهما أهم سبيلين للوصول إلى تلك القمة .

ولقد شهد العالم تجربتين غنيتين في هذا المجال ؛ فهاهي اليابان ـ التي أنهكتها الحرب العالمية الثانية واضطرتها للاستسلام ـ تنهض خلال ثلاثين عاماً لتصبح عملاقة في مجال الصناعة والبحث العلمي ، وتفرض احترامها على العالم أجمع .

وها هي ألمانية أيضاً ـ التي وقّعت وثيقة الاستسلام في الحرب العالمية الثانية ، وخرجت منهكة القوى منها ـ عادت إلى ميدان التطور والتفوق العلمي والتقاني ، وتربّعت على عرش الصناعة العالمية .

ومن الملاحظ حالياً أن الصراع الحضاري صار يرتكز على وسائل القوة التي ترتبط بما تنتجه العقول من علوم وتقنيات ، وأن الانتصار في هذا الصراع يعتمد على المدارس والجامعات والمختبرات ومراكز البحث ومؤسسات الإنتاج والمدخلات الاقتصادية من رأس المال والعمالة والأرض .

وعلى الرغم من إدراك الدولة لمنزلة العلم والتقانة في نهوضها وتطورها ، فإن الدول العربية تبدو غائبة ـ أو مغيبة ـ عن هذين المجالين ، وما زال البحث العلمي والتطوير في مؤخرة اهتماماتها ، ولم ينالا حظهما من العناية والتقدير والاهتمام .

ومن المعروف تاريخياً أن الحضارة العربية الإسلامية أسهمت في نصيب وافر من دورها الحضاري في رقي البشرية وتطورها ، ولم تكن مجرد جسر عبرت فوقه العلوم والمعارف من الحضارات التي سبقتها إلى الحضارات التي أتت بعدها ، بل كانت تلك الحضارة شاهداً حقيقياً على عصرها ، أثرت فيه بعلومها ومعارفها ، وزادت على ما فيه من العلوم والمعارف ، وأدت دورها الفاعل في التطور الذي يشهده العالم حالياً ، لا سيما في العلوم التطبيقية والنظرية .

وتاريخ الدول العربية والإسلامية الغني بالإنجازات العلمية المتطورة يجب أن يكون دافعاً ومحفزاً للأجيال الحالية إلى إكمال مسيرة أجدادهم ، واللحاق بالركب العلمي العالمي ، وأداء دورهم على الساحة العلمية العالمية ، لتعود دولهم كما كانت في عصر ازدهار الحضارة العربية كعبة للعلم ، وبستاناً للعلماء ، ومقصداً لطلبة العلم من كل مكان .

ولقد عني العلماء العرب بالعلوم التطبيقية عناية بالغة ، وأولوها اهتماماً خاصاً ، متوافقاً مع اهتمامهم بالعلوم النظرية ، وإنجازاتهم الكبيرة فيها .

ويمكن عزو أسباب النهضة العلمية العربية إلى دعائم خمس ؛ هي :

- نفي الخرافات .
- سعة الاطلاع .
- الرحلات للبحث والتنقيب .
- التجارب والمشاهدات .
- الموازنة والمقارنة .

وبدأ العلماء العرب ـ مع انطلاقة الحضارة العربية الإسلامية ـ بمراجعة ما كتب عن العلوم التطبيقية في الحضارات السابقة لهم ، وتلك المتزامنة مع عصرهم ، وترجموا العديد من الكتب من الحضارات اليونانية والفارسية والرومانية والصينية والهندية ، ثم أعملوا فكرهم في هذه الترجمات ، فرفضوا ما خالف العقل والمنطق ، واستفادوا من النظريات والآراء المقنعة ، ثم عمدوا إلى المرحلة التطبيقية ، فزادوا على ما وصل إليهم أموراً كثيراً ، وأغنوا التراث العلمي العالمي بكتب قيمة ، ووثائق مهمة ، وسجلات دقيقة ، وتجارب علمية محكمة ، وخلفوا إنجازات علمية في شتى الميادين التطبيقية شهدت بعلو كعبهم فيها ، وأبرزت مدى التطور الذي وصلوا إليه ، ودلَّت ببراهين لا تقبل الشك أنهم فتحوا آفاقاً علمية جديدة للبشرية أسهمت في رقيها ورفاهيتها .

وهذا الكتاب ـ عزيزي القارئ ـ محاولة لتسليط الضوء على ذلك التراث العلمي العربي الذي أخذت تتكشف في الآونة الأخيرة العديد من إنجازاته وإبداعاته ، بعد أن كانت حبيسة الرفوف ، ودفينة في بطون الكتب .

وتضمَّن الكتاب مقالات عدة سبق أن نشرتها في عدد من المجلات ، وتناولت موضوعات شتى تسعى إلى إبراز الدور الكبير الذي أداه التراث العلمي العربي في ركب الحضارة العالمية ، وتبيان عدد من الجوانب الفذة التي عمل فيها العلماء العرب ، وشحذهم الأجيال الحالية للنهل من علوم العصر ، كما فعل أجدادهم ، ليؤدوا دورهم المنشود حالياً ، وينهضوا بدولهم إلى مصافِّ الدول المتطورة علمياً وتقانياً وحضارياً .

التجربة والمشاهدة
في التراث العلمي العربي

اتسم منهج البحث العلمي لدى المسلمين بصفات عدة وسمات مميزة جعلت منه منهجاً فريداً ، في وقت خلت فيه الحضارات والأمم من وجود مثيل له ؛ في دقته وشموليته وعقلانيته من جهة ، وفي توجهه نحو خدمة الإنسانية وتسخير الجهود من أجل رفعة الإنسان وكرامة شأنه وتحقيق رفاهيته ورخائه وبث السلام والطمأنينة في النفوس من جهة أخرى .

وقد وعى المسلمون حقيقة دعوة دينهم إلى العلم وحضه على طلبه من كل مكان ، والتبحر في علوم العصر إلى جانب العلوم الشرعية ، فأقبلوا على العلوم كافة يدرسونها ، ويطلعون على ما كتب العلماء القدماء فيها ، والمراحل التي توصلوا إليها والخطوات التي اتبعوها ، ثم أخذوا في سلوك منهج علمي يعتمد على الاستفادة من كل ما وصل إليهم من علوم مفيدة ، ثم متابعته والزيادة عليه ، وفتح آفاق جديدة فيه ، مجردين عقولهم من الأوهام والخرافات ، ومستندين إلى البحث والتجربة ، والحس والمشاهدة ، والمراقبة والمتابعة ، وكانوا يدوِّنون أفكارهم وآراءهم مشفوعة باستنباطات رائعة واستنتاجات مدهشة .

وكان مبدأ التجربة والمشاهدة أحد المبادئ الأساسية في منهج البحث العلمي لدى العلماء المسلمين ، وقد امتدحه عدد كبير من نَصَفة المؤرخين الغربيين الذين درسوا التراث العلمي العربي ، وأشاروا إلى

فضل الباحثين المسلمين في ذلك المبدأ ، واعتمادهم عليه في شتى العلوم التطبيقية ، وأنهم أحرزوا قصب السبق فيه ، متقدمين على علماء الغرب الذين ينسب إليهم اكتشاف هذا المبدأ .

ميزان التجربة والمشاهدة :

يعتبر مبدأ التجربة والمشاهدة أهم مبدأ تمسك به العلماء المسلمون في منهجهم العلمي ، ولم يستغن عنه أي عالم دارس للعلوم التطبيقة كالطب والفلك والفيزياء والكيمياء والجغرافيا والهندسة ، ولم يكتفِ العلماء بما قرؤوه عن أسلافهم ويسلموا لهم ، بل أخذوا يضعون الأفكار والقراءات السابقة على محك التجربة والمشاهدة والمراقبة والمتابعة ، فإن اتفقت الدراسة مع التجارب والمشاهدات أخذوا بتلك الدراسة واعتمدوها ، وإن تباينت الدراسة مع ما جربوه وشاهدوه نبذوا تلك الدراسة وأهملوها ولم يلقوا لها بالاً .

كما أنه لم يكن أحد من هؤلاء العلماء يجرؤ على القول بنظرية ما إلا بعد أن يُخضع نظريته وآراءه لميزان التجربة والمشاهدة ، ليكون البحث دقيقاً ومتكاملاً ، والرأي سديداً وصائباً ، ولتكون النظرية واضحة ومؤكدة ، والفكرة سليمة وصحيحة ، وقد أدت هذه المعاينة الدقيقة لكل أمر من الأمور إلى ذلك النمو الهائل في العلوم الإسلامية المختلفة ، والتطور الكبير الذي شهدته الحضارة الإسلامية ، وتلك النظريات الفذة المبثوثة في كتب التراث العلمي العربي ، كما أدى ذلك إلى اعتماد الحضارات التي أتت بعد الحضارة الإسلامية على تلك المنهجية العلمية الفريدة ، واعتبارها ركناً ركيناً في التفكير العلمي السليم .

على بساط الواقع :

ولتبيان صور حية عن ذلك المنهج المستند إلى التجربة والمشاهدة ، فإننا سنرصد نماذج متعددة من علوم شتى تعطي فكرة واضحة عن ذلك المبدأ الذي سبق به العلماء المسلمون نظراءهم وبرزوا فيه بشكل لافت :

١ـ في مجال الطب :

اشتهر الأطباء المسلمون بأنهم أثبتوا دراساتهم وخبراتهم بعد تجاربهم الحسية الميدانية التي شاهدوها ، وعاينوها بأنفسهم ، ولم يسلم هؤلاء الباحثون لكبار الأطباء الذين سبقوهم ؛ وإن كانت شهرتهم قد أطبقت الآفاق ، ومن هؤلاء الأطباء الأفذاذ الطبيب (عبد اللطيف البغدادي) الذي وضع كتاباً سماه (الإفادة والاعتبار في الأمور المشاهدة والحوادث المعاينة بأرض مصر) وفيه نرى مخالفته الصريحة لجالينوس الذي كان مثاراً لإعجاب الطبيب العربي .

يقول البغدادي : « إن جالينوس قد أطبق على أن عظم الفك الأسفل عظمين بمفصل واحد ، وثيق عند الحنك ، فقد باشر التشريح بنفسه وجعله دأبه ونصب عينيه ، والذي شاهدناه من هذا العضو أنه عظم واحد ، ليس فيه مفصل ولا درز أصلاً ، واعتبرناه ـ فحصناه ـ ما شاء الله من المرات في أشخاص كثر تزيد على ألفي جمجمة بأصناف من الاعتبارات ، فلم نجده إلا عظماً واحداً من كل وجه ، ثم استعنا بجماعة متفرقة اعتبروه ـ فحصوه ـ بحضرتنا ، فلم يزيدوا على ما شاهدناه وحكيناه » .

ونرى شيخ الأطباء (أبا بكر الرازي) يبين الفرق الهائل بين العلم النظري المجرد والعلم التطبيقي المجرب ، فيقول : « ينبغي للمعني بأمر

الطب أن يجمع بين رجلين : أحدهما فاضل في الفن العلمي في الطب ، والآخر كثير الدربة والتجربة ، ويصدر عن اجتماعهما في أكثر الأمور ، فإن اختلفا فليعرض ما اختلفا فيه على كثير من أصحاب التجارب ، فإن أجمعوا جميعاً على مخالفة صاحب النظر قُبل منهم ، فإن الشكوك المغلطة تقع ـ على الأكثر ـ في الفن العلمي النظري أكثر منه في التجربة ، فإن لم يتهيأ له إلا أحد الرجلين فليختر المجرب ، فإنه أكثر نفعاً في صناعة الطب من العاري عن الخدمة والتجربة البتة » .

٢ـ في النبات :

وكذلك سلك علماء النبات والأعشاب سبيل من سبقهم من علماء الطب في الاعتماد على التجربة والمشاهدة في مناهج عملهم ودراساتهم وأبحاثهم التي نالت شهرة واسعة ، وهاهو شيخ علماء النبات (ابن البيطار) يوضح ذلك في مقدمة كتابه (الجامع لمفردات الأدوية والأغذية) فيقول :

« إني توخيت صحة النقل فيما أنقله عن الأقدمين ، وأحرره عن المتأخرين ، فما صح عندي بالمشاهدة والنظر ، وثبت لدي بالخُبر لا بالخَبَر ، ادخرته كنزاً سرياً ، وعددت نفسي عن الاستغناء بغيري فيه ـ سوى الله ـ غنياً ، وما كان مخالفاً في المنفعة والماهية للصواب والتحقيق ، أو أن ناقله ـ أو قائله ـ عدل فيه عن سواء الطريق نبذته ظهرياً ، وهجرته ملياً ، وقلت لناقله أو قائله : لقد جئت شيئاً فرياً ، ولم أحابِ في ذلك قديماً لسبقه ، ولا محدثاً اعتمد غيري على صدقه » .

وقد أصبح كلام (ابن البيطار) هذا هو المنهج المعتمد لدى علماء الغرب ، لكنهم نسبوا إليهم هذا السبق العلمي ، وادعوا أنهم أصحاب (المنهج التجريبي) ، وظنوا أن التاريخ سينسى الفضل لأصحابه

وسيجحد أولئك الذين كان لهم قصب السبق وحظ الاختراع .

وكان (رشيد الدين الصوري) صاحب كتاب (الأدوية) يدرس النباتات في منابتها ، ويستحصب معه إلى أمكنتها رساماً يحمل أصباغاً مختلفة متنوعة ، فإذا شاهد النباتات في منابتها حققها ، وأطلع الرسام عليها ، لينقلها بألوانها ومقادير ورقها وأغصانها وأصولها ، ويرسمها بنسبها كما تبدو في الواقع .

كما يروى عنه أنه كان يتتبع تطور النبات ، ويريه للرسام في حالة نبته وطراوته ، ثم في حالة اكتماله وظهور بذره ، ثم في حال أفوله ويبسه ، ويعتبر عمل (الصوري) هذا أساساً في المنهج التجريبي المعتمد هذه الأيام .

٣ـ في الفلك والميكانيك :

عندما درس العلماء المسلمون علم الفلك كانت هناك مقولات كثيرة وآراء عديدة منقولة عن علماء أقدمين كبطليموس وأرسطاطاليس ، وكانت تلك الآراء والمقولات مسيطرة على عقول الناس وأفكارهم ، ومسلّم بصحتها وثبوتها، ومتداولة بين العلماء ومدونة في الكتب والسجلات.

لكن الباحثين المسلمين لم يأخذوا تلك الآراء على أنها ثابتة صحيحة ، بل اعتمدوا على الحس والمشاهدة والتجربة والمراقبة عند مطابقة الفكرة بالمشاهدة ، وتأملوا في الأجرام السماوية كثيراً ، واستعانوا بالرياضيات في حساباتهم ونظرياتهم .

وهاهو (البيروني) يقول في مقدمة كتابه (الآثار الباقية من القرون الخالية) : « صدق قول القائل : ليس الخبر كالعيان ؛ لأن العيان هو إدراك عين الناظر عين المنظور إليه في زمان وجوده ، ومكان حصوله » .

وقد استطاع البيروني من خلال البحث والتجربة والمشاهدة من تقدير

الثقل النوعي لكثير من العناصر ، كما استطاع تحديد أبعاد الأرض والظواهر التي تبدو في أوقات الشفق ، أو كسوف الشمس .

وفي علم الميكانيك الذي كان يسمى في التراث العلمي العربي (علم الحيل) برع أولاد (موسى بن شاكر) الذي كان لهم فضل كبير أيضاً في الفيزياء والفلك ، وأسهموا إسهامات جليلة في العلوم التطبيقية .

وقد طلب منهم الخليفة (المأمون) في يوم من الأيام أن يتحققوا من مقاس الكرة الأرضية ، فسألوا عن الأراضي المنبسطة في أي البلاد تكون ، فقيل لهم : إنها صحراء سنجار ، فذهبوا إليها ووقفوا في موضع بها ، وأخذوا ارتفاع القطب الشمالي بما تيسر لهم من آلات ومعدات وأجهزة في ذلك الوقت ، وضربوا في ذلك الموقع وتداً ، وأوثقوا به حبلاً طويلاً ، وساروا شمالاً ، وفعلوا به ما فعلوا في ذلك الموضع ، ولم يزل ذلك دأبهم حتى انتهوا إلى موضع أخذوا فيه ارتفاع القطب المذكور ، فتبينوا أنه زاد على الارتفاع درجة واحدة ، فمسحوا ذلك القدر الذي قدروه من الأرض بالحبال فبلغ (٦٦٢,٣ ميل) فعرفوا أن كل درجة من درج الفلك يقابلها من سطح الأرض ذلك المقدار .

ثم عادوا إلى الموضع الذي ضربوا فيه الوتد الأول وشدوا فيه حبلاً ، ومضوا جنوباً ، وساروا في خط مستقيم وفعلوا ما فعلوه في الشمال من نصب الأوتاد وشد الحبال ، حتى نفدت الحبال التي استخدموها في الشمال ثم أخذوا الارتفاع فتبينوا أن القطب الجنوبي قد نقص عن ارتفاعه الأول درجة ، فصح حسابهم ، وحققوا ما قصدوه من ذلك .

ثم عادوا فأخبروا المأمون بما فعلوا ، فطلب منهم أن يعيدوا التجربة في موضع آخر وسيرهم إلى الكوفة ، ففعلوا بها ما فعلوا في سنجار ، واتفق الحسابان .

وهكذا أكد قياس الباحثين العرب أن محيط الأرض هو (٤١٢٤٨) كيلو متراً وهو قريب جداً من القياس الحالي لمحيط الأرض .

ولم يكتفِ الباحثون في علم الميكانيك بالقياسات فقط ، بل أجروا تجارب عديدة على الأوزان والمكاييل ، وتوصلوا إلى القوانين الميكانيكية المتعارفة في هذه الأيام ، والتي تنسب حالياً إلى نيوتن ـ وأدركوا مركز ثقل الأجسام ومحاور التوازن والانقلاب ، وصنعوا ساعات مائية دقيقة جداً ، ومضخات تدفع الماء والسوائل ، وكل ذلك تم نشره على الملأ بعد التثبت من عمله السليم عن طريق التجربة والمراقبة والمشاهدة .

٤ـ في الكيمياء والفيزياء :

يظهر أثر التجربة والمشاهدة جلياً في هذين العلمين اللذين يعتمدان أساساً على متابعة الظواهر ورصدها ، والمراقبة الشديدة والمستمرة لتطوراتها وتحولاتها ، وما يطرأ عليها تبدُّلات .

وكان للمسلمين نصيب وافر في علم الكيمياء الذي كانوا يسمونه (علم الصنعة) .

وشغلت فكرة تحويل المعادن الخسيسة إلى معادن ثمينة فكر الكيميائي الفذ (خالد بن يزيد) ، لكن علم الكيمياء شهد تطوراً ملحوظاً على يدي الكيميائي الموسوعي (جابر بن حيان) الذي يعتبر أشهر عالم عربي اشتغل بالكيمياء وبرع فيها ، وهو الذي ترك أبحاثاً غاية في الأهمية والدقة والعمق ، وقد اعتمد في أبحاثه تلك على الحسِّ والتجربة والمشاهدة ، ولم يدون خلاصة أعماله إلا بعد الاختبار والفحص والمعاينة ، وقد أثبت ذلك المبدأ في كتابه (الخواص الكبير) ؛ حيث يقول : « يجب أن نعلم أننا نذكر في هذه الكتب خواص ما رأيناه فقط ،

دون ما سمعناه ، أو قيل لنا وقرأناه ، بعد أن امتحناه وجربناه فما صح عندنا أوردناه ، وما بطل رفضناه ، وما استخرجناه نحن أيضاً ، وقايسناه على أقوال هؤلاء القوم » .

أما في الفيزياء فقد اهتمَّ العلماء بأبحاث الصوت والضوء بشكل واسع ، وأطلقوا على علم الضوء (علم البصريات) أو (علم المناظر) ، وأشهر العلماء المسلمين الذين أبدعوا في ذلك (ابن الهيثم البصري) الذي نفى نظريات إقليدس وبطليموس في أن الإبصار يعود إلى إشعاعات تخرج من العين إلى الشبح المرئي .

ويقول ابن الهيثم :

« إن الأشباح تدخل العين منقولة إليها من خلال الرطوبة الزجاجية » ، ويوضح مبدأه في العمل واعتماده على التجربة في كتابه (المناظر) إذ يقول :

« ونبتدئ في البحث باستقراء الموجودات ، ما يخص البصر في حالة الإبصار ، وما هو مطرد لا يتغير ، وظاهر لا يشتبه في كيفية الإحساس ، ثم نترقى من البحث والمقاييس على التدريج والتدريب ، مع انتقاء المقدمات ، والتحفظ من الغلط إلى النتائج ، ونصل بالتدريج واللطف إلى الغاية التي عندها يقع اليقين .

ونظهر مع النقد والتحفظ بالحقيقة التي يزول معها الخلاف ، وتنحسم به مواد الشبهات » .

ابن الهيثم وبيكون :

لقد كان ابن الهيثم أبا المنهج التجريبي العلمي الحقيقي ، لا (روجر بيكون) .

فقد خالف من سبقه في نظرية الرؤية ، ولم يسلم بما كان سائداً في ذلك الوقت ، بل شك وبحث ونقد ، واستفاد ممن تقدمه ، ولكنه أتم النقص ونقض الخطأ ، ثم ألَّف وأبدع وحدة مترابطة الأجزاء .

وعلى منهج هؤلاء العلماء الباحثين سار علماء الجغرافيا والهندسة ، وغيرهم ، متبعين مبدأ فريداً فرض وجوده على الحضارات اللاحقة ، بل أصبح أهم سمة من سمات منهج البحث العلمي في العلوم التطبيقية ، وقد تبين من ذلك المبدأ دقة المنهج الذي سار عليه العلماء المسلمون الأوائل ، وسلامته من الزيغ والزلل والاضطراب .

* * *

الرسم المعماري
في التراث العلمي العربي

لم تقتصر الإبداعات العربية في مجال الرسم الهندسي على الرسم الصناعي فقط (أي مخططات ورسوم الآلات الصناعية) ، بل تواكبت معها إنجازات فذة في مجال الهندسة المدنية ، بما في ذلك الرسم المعماري وخرائط المدن والقصور والمساجد ، والحسابات الهندسية لأطوال وزوايا وأبعاد هذه المباني ، وقد أسهم في دعم هذا التوجه ، التطور الكبير الذي شهدته الرياضيات على يد عدد من العلماء الأفذاذ .

وفي عام ٨٠٧ للميلاد ، كتب قتيبة بن مسلم الباهلي قائد جيوش خراسان إلى الحجاج بن يوسف الثقفي ، يشكو إليه صعوبة فتح مدينة بخارى ، فكتب إليه الحجاج أن صوّرها لي ـ أي ارسم لي خريطة تبين معالمها وتضاريسها ـ فلما بعث إليه بالخريطة درسها الحجاج وكتب إليه بخطة اقتحام المدينة .

تعتبر هذه الرواية التاريخية وثيقة تبرهن على معرفة العرب بالأصول الهندسية للرسم المعماري ، واعتمادهم عليه لتسيير شؤون حياتهم المدنية والعسكرية ، وتعبر بشكل جلي أيضاً عن البدايات الأولى لما يعرف حالياً بالهندسة المدنية وتخطيط المدن وتتضمن كتب التاريخ العربي روايات عدة عن خرائط مفصلة وضعت للقادة والأمراء تدل على رسوم لأراض أو مدن أو مساجد ، تعتبر في وقتها إنجازاً هندسياً فريداً ،

ودلالة على إسهام الحضارة العربية في تطور العلوم الهندسية بشكل عام ، والرسم الهندسي بشكل خاص .

ومن تلك الوثائق التاريخية منظر مأخوذ من مخطوطة فارسية بعنوان (بابرنامه) كتبت نحو عام ١٦٠٠ للميلاد ، وهي تمثل رسماً لأحد السلاطين حين كان يتفقد حديقة قصره في كابل بأفغانستان في بداية القرن السادس عشر الميلادي ، ويظهر في اللوحة المرسومة المهندس المشرف على حديقة القصر ، وقد أمسك بيده لوحة خشبية رسم عليها مربعات دليلاً على أن مخطط العمل قد رسم عليها ، حيث كانت الخرائط المعمارية ترسم على ورق مربعات في ذلك الوقت .

أولاً ـ مبادئ هندسية :

تحفل كتب التراث العلمي العربي بمعلومات غزيرة عن الهندسة ، تدل على تعمق العرب بهذا العلم ورسوخ قدمهم فيه ، ويقصد بالهندسة هنا ما خلفوه من نظريات حول الحسابات الرياضية للأشكال الهندسية المختلفة ، كالمثلث والقطوع والزوايا ، وما أبدعوه من رسوم منظورية للمدن والمساجد والقلاع والقصور ، إضافة إلى التطبيقات الفذة في العلوم التطبيقية .

وكانت فكرة المنظور والمسقط في البصريات واضحة عند الكندي (ت نحو ٨٧٣م) الذي ألف في هذا الموضوع كتاباً بعنوان (المرايا المحرقة) ، ناقش فيه فكرة سقوط الشعاع الضوئي على سطح مستو ، وتكوّن صورة منظورية للجسم المرئي على ذلك السطح المستوي .

ثم جاء ابن الهيثم (ت نحو ١٠٣٨م) فأثبت في كتابه (اختلاف المناظر) أن الأشياء التي تشاهد من زاوية كبيرة ترى كبيرة ، والتي تشاهد من زاوية صغيرة ترى صغيرة .

أما فكرة المسقط فتبدو واضحة في عمل الأسطرلاب المسطح ، أي المتكون من إسقاط الكرة السماوية على سطح دائري ، مع حفظ الخطوط والدوائر ، وتطورت فكرة الإسقاط على سطح دائري إلى إسقاط ذلك السطح الدائري على خط مستقيم .

ولقد تطورت هذه المبادئ الهندسية الأولية بمرور الزمن ، وتعمق المهندسون في النظريات الرياضية والمعلومات الفيزيائية ، وأضحت رسومهم أكثر دقة ووضوحاً ، وظهرت الخرائط المفصلة للمدن والأحياء والمساجد والقصور ، وكذلك اللوحات المختلفة المصوِّرة لمساقط علوية وأفقية لعدد من المساجد والقصور ، وبرزت الرسوم المنظورية التي توضح جميع الجوانب المتعلقة ببناء ما ، وكان كل جيل يتلقى عن الجيل السابق معلوماته ورسومه ويضيف إليها ، وانتقل قسم كبير من هذه المعارف إلى أوروبة التي استفادت منه في ظهور مبادىء الرسم الهندسي الحديث على يد مهندسيها .

ثانياً : عناصر من العمارة الإسلامية :

يمكن تصنيف عناصر العمارة الإسلامية إلى قسمين أساسيين هما :

١ـ عناصر بناء أو إنشاء :

وهي عناصر تشكل جزءاً من البناء في حد ذاته .

٢ـ عناصر جمالية :

وهي عناصر يقصد بها إضفاء صفات جمالية على المبنى .

وثمة تداخل بين بعض العناصر وبعضها الآخر ، ولا يوجد حد فاصل بينهما ، وإنما قصد بالتقسيم مراعاة الصفات المشتركة بينها .

وتشتمل عناصر البناء على العقود والنوافذ والأقبية والقباب والمآذن

أو المنارات والمحاريب ، في حين تضم العناصر الجمالية المقرنصات والدلايات وأنواع الرقش العربي والخط العربي والقناديل ، وسوف يقتصر البحث على ذكر عناصر البناء لأنها مرتبطة بالأمور الهندسية .

ثالثاً : عناصر البناء :

١ـ العقود :

أولى المسلمون عناية كبيرة للعقود (الأقواس) سواء المفردة أو المجمعة ، وأبدعوا في بنائها وزخرفتها وتشكيلها أيما إبداع ، وقد كان أهل الصين يعمدون إلى تغطية الفتحات المطلوبة باستخدام طبقات من أعتاب أفقية متدرجة في البروز من طرفي الفتحة ، ويعتبر هذا العقد عقداً مزيفاً لأنه يتركب في الواقع من مجموعة من العتبات الكابولية ترتكز على بعضها ، ومن ثم فإن حالة التحميل تختلف عن تلك الموجودة في العقد الحقيقي الذي يتركب من كتل حجرية يشكَّل كل منها على هيئة وحدة إسفينية ، وقد استخدم المهندسون العرب هذا النوع الأخير لتتمكن العقود (الأقواس) من تحمل قوى أكبر ، وبرعوا في تصميم أشكال مختلفة من العقود منها العقود المتقاطعة INTERSECTING ARCHES ، والعقود المتشابكة JOINED ARCHES، والعقود المتراكبة LAPPING ARCHES .

٢ـ القباب :

خلّف التراث الهندسي العربي نماذج رائعة للقباب دلت على حسٍّ هندسي رفيع ، وتصميم مبني على حسابات دقيقة ، وتعتبر قبة الصخرة الموجودة في القدس الشريف من أولى القباب التي بنيت في الإسلام ، كان ذلك عام ٦٩٤ ميلادي الموافق لعام ٧٢ للهجرة ، وتقوم القبة على بناء مثمن الشكل ، يتكون من أعمدة وأكتاف ، وتضم الرقبة الأسطوانية للقبة ست عشرة نافذة .

وكانت عملية تغطية الفتحة المربعة بقبة مستديرة تمر بمرحلتين هما :

أ ـ مرحلة الانتقال الأولى : من الشكل المربع إلى الشكل المثمن ، وذلك بهدف إنقاص الزوايا الجانبية .

ب ـ مرحلة الانتقال الثانية : من الشكل المثمن إلى الشكل تام الاستدارة ، وقد تحقق ذلك باستخدام مقرنصات SQUINCHES تشبه المحار ، أو مثلثات كروية مقلوبة في أركان المثمن .

٣ـ المآذن :

تعلو معظم المساجد حالياً مآذن مختلفة التصميم والأطوال والأحجام ، وهي معالم هندسية تدل كل من رآها على أن هناك مسجداً تقام فيه الشعائر الإسلامية ، ولقد اقتبست المآذن الأولى أشكال الأبراج القديمة ذات الهيئة المربعة ، ثم ظهرت المآذن الملوية كمئذنة مسجد سامراء ، ومن النماذج أيضاً المآذن التركية التي تتميز بنحافتها البالغة وانتهائها بقبة مخروطية مدببة ، والمآذن المملوكية التي يتكون معظمها من ثلاثة طوابق ذات أشكال مربعة ومثمنة ومستديرة على التوالي ، والمآذن متعددة الرؤوس كما هي الحال في عدد من مساجد مصر .

٤ـ المساجد :

يعتبر المسجد أهم مكان تتمثل فيه العمارة الإسلامية والفن الإسلامي معاً ، ولقد ظهر على المساجد الأولى البساطة في البناء والأثاث ، ثم أخذ المسلمون يعتنون بها فيوسعون مساحتها ، ويبنونها بالحجارة والأعمدة ، ويزينونها لتلائم ما وصلوا إليه من غنى وقوة وسعة ، فكان مسجد قباء الذي بناه الرسول عليه الصلاة والسلام عام الهجرة في المدينة لا يتجاوز باحة مربعة صغيرة تحيط به جدران مبنية من الآجر والحجارة ،

ويتركز سقفه المصنوع من الجريد والأغصان على جذوع النخل ، وهو أول نموذج للمساجد الإسلامية .

وقد أدخل على بناء المسجد في عهد الرسول ﷺ المنبر ليقف عليه أثناء الخطابة ، ثم اتخذ بعد ذلك المحراب المجوف للإمام في الصلاة للدلالة على جهة القبلة ، وأول محراب كان في مسجد المدينة ، ثم في الفسطاط ، ثم في دمشق ، وتعمم بعد ذلك ، ثم أدخلت الإيوانات وهي الأروقة التي تحيط بصحن المسجد ، ولها أقواس مرفوعة على أعمدة أو دعائم ، وألحق بكثير من المساجد غرف خاصة للمؤذن والإمام ، أو لإيواء طلبة العلم ، وفي العالم الإسلامي اليوم آلاف مؤلفة من المساجد ، بعضها قديم وبعضها حديث ، ومعظمها يحتوي على منابر ومحاريب وإيوانات وأماكن للوضوء ومآذن ، ولكنها تختلف بطراز بنائها وتزيينها ومحاريبها ومآذنها ، ويغلب على كل منطقة نظام معماري خاص متأثر بالفنون المعمارية السائدة فيه ، وثمة رسوم عديدة خلفها المهندسون العرب عن المساجد تتضمن مساقط عديدة للمسجد وحسابات مختلفة له ، مع توضيح أطوال جدرانه وعرض أبوابه ونوافذه وارتفاعها وعدد الدرجات والأجزاء غير المرئية والاتجاهات الجغرافية واتجاه القبلة .

ولا ريب في أن هذه الإنجازات امتدت لتشمل بناء البيوت والقصور والحدائق والقلاع ، مما يدل على إسهام متميز للمهندسين العرب في تطور الرسم الهندسي .

* * *

الرسم الهندسي عند العرب

منذ فجر التاريخ عمد الإنسان القديم إلى التعبير عما بداخله وعما يراه أمامه من حيوان ونبات وأشياء أخرى بالرسم ، فقام برسم لوحات داخل الكهوف ، وعلى الحجارة والجدران المختلفة ، وقد وصلنا عدد لابأس به من هذه الرسوم .

ولم يكتف الإنسان القديم برسم ما حوله ، بل عمد إلى التخطيط المستقبلي لما يريد فعله ، فكان يخطط لبناء بيته برسم بدائي يوضح فيه خطته في البناء والشكل الذي يمكن أن يكون عليه هذا البناء ، وقد أثبتت السجلات التاريخية أن البابليين القدماء عرفوا المخططات المعمارية ، وتركوا مخططاً لقلعة رسمها أحد المهندسين البابليين قبل نحو ألفي عام ، كما ترك الآشوريون مقطعاً رأسياً لمعبد ومسقطاً أفقياً لقلعة ، وخلّف المصريون القدماء رسوماً معمارية دونت على صفحات من أوراق البردي أو الفخار .

وتمثل هذه الرسوم إضافة إلى الرسوم التي خلفها اليونانيون والرومان بداية ما يسمى في عصرنا الحالي الرسم الهندسي ، ويمكن إطلاق هذه التسمية على الرسم المعماري والرسم الصناعي .

بدايات عربية :

تعود الآثار الهندسية الأولى المكتوبة باللغة العربية إلى أواخر القرن الثامن وأوائل القرن التاسع للميلاد ، واللغة العربية التي اعتمدها ، بشكل

عام ، علماء البلاد الإسلامية منذ انطلاق نشاطاتهم كانت أداة التعبير في علم الهندسة ، وهذه الكتابات تؤكد بشكل مقنع أن التقاليد القديمة : التقليد الإغريقي ، والهيلنستي والهندي ـ الذي اتبع أيضاً وجزئياً التقليد الإغريقي ـ أثرت بشكل مهم في الهندسة العربية .

وعلى الرغم من أهمية هذا التأثير فإن الهندسة العربية اكتسبت منذ المراحل الأولى لنموها خصائصها المميزة التي تتعلق بموقعها في نظام العلوم الرياضية ، وبترابطها مع سائر فروع الرياضيات ، وبدمج العلماء العرب لعناصر الإرث الإغريقي واستيعابهم لمعارف أمم أخرى أرسوا أسس توجهات جديدة للأفكار الهندسية ، وأغنوا المفاهيم التي اعتمدوا عليها ، فأوجدوا نوعاً جديداً من الهندسة ، وخلّفوا تراثاً غنياً من المؤلفات والرسوم لهندسيين خبراء ومعماريين وحرفيين تحتوي على قواعد حسابية ورسوم هندسية مرفقة بأمثلة واضحة .

الهندسة الوصفية :

وفي الغرب لم تكن الأصول الهندسية في العصور الوسطى معروفة إلا من خلال الترجمات العربية لها ، ولقد استمر هذا الوضع حتى القرن الرابع الهجري (العاشر الميلادي) حين كتب سلفستر الثاني مقالاً باللاتينية في الهندسة ، كما كتب اديلارد مقالاً باللاتينية في الهندسة في القرن الثاني عشر الميلادي ، وكان أديلارد هذا متقناً للغة العربية متمكناً فيها ، ودرس في مدارس قرطبة وإشبيلية وغرناطة .

ومن ثم انطلق العلماء الغربيون في دراساتهم الهندسية معتمدين على المؤلفات التي صنفها العلماء الغرب ، وأخذوا يضيفون إليها ويزيدون عليها ما يتوصلون إليه من نظريات ونتائج حتى ظهرت البدايات الأولى للرسم الهندسي الحديث عندما نشر العالم كاسبار مونج في عام

(١٨٠١م) كتابه الشهير « الهندسة الوصفية » la Geometrie descriptive وهو مجموعة محاضرات ألقاها مونج منذ عام (١٧٩٥م) في مدرسة المعلمين بباريس ، ويعد هذا الكتاب أول كتاب متكامل في هذا الفن ، وفيه أول سجل منظم لمفاهيم الرسوم الهندسي المستعملة حالياً .

علوم أساسية :

ثمة أربعة علوم أساسية بنى عليها الرسم الهندسي العربي (المعماري والصناعي) أسسه ومفاهيمه :

١ـ علم الأُكر :

يهتم هذا العلم بسطوح الأكر وقطوعها ، والأكرة في اللغة : الكرة ، ويعرف هذا العلم بأنه « علم يبحث فيه من الأحوال العارضة للكرة من حيث إنها كرة ، من غير نظر إلى كونها بسيطة أو مركبة ، فموضوعه الكرة بما هو كرة ، وهي جسم يحيط به سطح واحد مستدير في داخله نقطة يكون جميع الخطوط المستقيمة الخارجة منها إليه متساوية وتلك النقطة مركز حجمها ، سواء كانت مركز ثقلها أو لا » . أما تسطيح الكرة فهو « علم يتعرف منه كيفية نقل الكرة إلى السطح مع حفظ الخطوط والدوائر المرسومة على الكرة ـ وكيفية نقل تلك الدوائر على الدائرة إلى الخط » .

٢ـ علم المخروطات :

وهو علم ينظر في ما يقع في الأجسام المخروطة من الأشكال والقطوع ، وأشهر من اشتغل به من علماء الإغريق « أبولونيوس » صاحب « كتاب المخروطات » ، الذي نقله إلى العربية وعدّله الحسن وأحمد ابنا موسى بن شاكر .

وأوضح أبولونيوس في كتابه أن جميع الخطوط المنحنية يمكن

الحصول عليها من مخروط واحد وذلك بقطعه بمستو يميل بزوايا مختلفة ، وقد سميت المنحنيات الناتجة : القطع المكافئ ؛ والقطع الناقص أو الإهليلجي ، والقطع الزائد ، وذلك فضلاً عن الدائرة ، والمثلث .

٣ـ علم المساحة :

وهو علم يستخدم في مسح الأراضي وقياسها ، وشق القنوات ، وتعيين ارتفاعات الجبال ، وأعماق الوديان ، وحساب مساحات الأسطح على اختلاف أشكالها ، وإيجاد حجوم المجسمات .

٤ـ علم المناظر :

عرّفه ابن الهيثم بقوله : « هو علم يتبين به أسباب الغلط في الإدراك البصري بمعرفة كيفية وقوعها ، وكيفياته بالبراهين الهندسية » ، ومن أشهر المؤلفات العربية فيه : كتاب « المناظر » لابن الهيثم ، وفيه بحوث فذة عن المرايا المسطحة والمرايا ذات القطع المكافئ ، وكذا المرايا الأسطوانية والمخروطية والكروية والمحدبة والمقعرة ، إضافة إلى قوانين الانعكاس والانكسار ، والانحراف .

رسوم ميكانيكية :

اعتماداً على هذه العلوم الأربعة ، وعلى مخيلة واسعة ، وذهن وقّاد ، انطلقت الأفكار الهندسية الميكانيكية والمعمارية لدى المهندسين العرب ، ولقد خلّف لنا هذا الفكر الهندسي الفذ رسوماً ميكانيكية كانت تعد ثورة في عصرها ، بسبب دقتها وشمولها واحتوائها على جميع العناصر الهندسية المعروفة .

وكانت تلك الرسوم مخططات أساسية لأعمال تطبيقية قام بها

المهندسون العرب وجرّبوها ونفذوها ، وكان هؤلاء يتخيلون فكرة أية آلة يريدون إنجازها ؛ فيعمدون أولاً إلى رسم مخطط هندسي لها ، ثم يطبقون ما رسموه بدقة متناهية وصولاً إلى إنجاز غايتهم وتحقيق مطلبهم .

ومن هذه الأعمال آلة ميكانيكية معقدة رسمها ابن معاذ الجياني (ت ١٠٧٩م) ضمن كتابه « الأسرار في نتائج الأفكار » ، وآلة ميكانيكية فلكية رسمها الخازني ، وميزان الحكمة الذي رسمه الخازني أيضاً معتمداً على فكرة المسقط الأمامي ، بحيث لم يرسم قفاف الميزان إلا على هيئة نصف دائرة ، أي بحيث لا يظهر وجهها العلوي ، ورسومات الجزري في كتابه « الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل » تدل على مستوى هندسي متطور في ميدان الرسم الصناعي ، ففيه رسوم لآلات شتى ، منها الساعات ، وآلات جر المياه .

ومن الرسوم الهندسية الفذة في هذا المجال رسوم تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي ، في كتابه « الطرق السنية في الآلات الروحانية » ، ومن ذلك رسم لآلات جر الأثقال ، ولآلات إخراج الماء إلى جهة العلو (وهي المضخات المعروفة حالياً ، ومن أبرزها المضخة ذات الأسطوانات الست التي تعتبر فتحاً علمياً فذاً في عصره) ، كما ترك المهندسون المعماريون العرب تراثاً غنياً في هذا المجال ، سوف نفرد له دراسة مفصلة إن شاء الله .

ويندر أن تجد كتاباً صنفه العلماء والمهندسون العرب في مجال الهندسة أو المناظر أو علم الحيل لم يتطرق إلى رسوم هندسية مختلفة ، وكانوا يرون في هذه الرسوم ضرباً من الشرح الضروري للنظريات الواردة أو للتطبيقات العملية .

* * *

أساسيات التخطيط العمراني
في المدن العربية القديمة

تتمتع المدن العربية القديمة بطراز معماري فريد ، يتميز بالتنوع والشمولية ، ومحاكاة البيئة ، والتكيف مع الواقع ، وإن دل هذا على شيء فإنما يدل على عقلية هندسية متميزة امتلكها المعماري العربي ، وعلى حس هندسي مرهف ، وتفاعل حضاري فذ مع البيئة المحيطة .

واللافت للنظر في التراث المعماري العربي أنه لم يكن ذا طابع واحد ، بل اتسم بتنوعه وتطوره بمرور الزمن ، فالمدينة المطلة على البحر مثلاً لها صفات معمارية خاصة تختلف عن نظيرتها الواقعة في السهول أو تلك الرابضة على سفح أحد الجبال .

كما أن هناك تطوراً ملحوظاً في التخطيط العمراني من فترة إلى أخرى ، فالعمارة في العصرين الأموي والعباسي ، لها سمات تختلف عما كانت عليه تلك العمارة إبان العصور التالية ، كما أن العمارة إبان العهد العثماني اكتست نوعاً من التفرّد طبع معالم عدد من المدن كالمآذن والتكايا والقبب والمنازل .

شمولية حضارية :

لم تقتصر الإبداعات العلمية العربية على جوانب حضارية محددة ، كعلوم الشريعة واللغة العربية ، بل برع الفكر العلمي العربي في ميادين

شتى شملت جميع العلوم والمعارف السائدة حينذاك ، بل إن الحضارة العربية الإسلامية أبدعت علوماً جديداً لم تعرفها الحضارات السابقة .

وهكذا وجدنا في سجلات التاريخ الزاهر علماء أفذاذ في الرياضيات والفلك والفيزياء والكيمياء والطبيعة وعلم الحيل (الميكانيك) والطب والصيدلة ، إضافة إلى التخطيط الهندسي المعماري .

ويحفظ التاريخ في ذاكرته أسماء عدد كبير من المعماريين العرب والمسلمين يستحقون أن يطلق عليهم لقب مهندسين معماريين شموليين ، نظراً لما تميز به فكرهم من إدراك معرفي وحسٍّ هندسي ، ورؤية ثاقبة وبصيرة بارعة .

معالم حضارية :

وتشير المصادر التاريخية إلى ما كانت تتمتع به المدن العربية والإسلامية من تخطيط دقيق للبيوت والأحياء والأسواق والمساجد وأمكنة رمي النفايات ، إضافة إلى المشافي والقلاع والحصون .

وكان موقع المسجد يختار بدقة متناهية بحيث يتوسط أحياء المدينة ، وتكون في جوانبه ساحات صغيرة بحيث يدخله الضوء من نوافذه المتعددة ، كما تعلو مئذنته لترى من مكان بعيد ، ويستدل الراكب على وجود مدينة أو بلدة في ذلك المكان ، كما كان مكان الأسواق يختار بدقة ، وتفصل بين الأسواق لئلا يتضرر أحدها من عمل الآخر ، ولئلا ينتقل حريق مثلاً من سوق الحدادين إلى سوق الأقمشة أو الخياطين . . . إلخ .

والأمر اللافت أيضاً في المدن العربية والإسلامية القديمة هو اختيار موقع المشفى ، حيث كان يبنى في أكثر أمكنة المدينة نظافة وأقلها تلوثاً ، وكان المهندس المعماري يعاين أمكنة عدة في المدينة (معتمداً على

معرفة اتجاه الريح ، ووضع قطع قماش تحوي أغذية لمعرفة مدة فسادها) ثم يعتمد على المكان المناسب ، ويحدد موضع البناء وشكله وتصميمه الخارجي والداخلي .

وتذكر المصادر التاريخية أيضاً أن المدن كانت تحوي أمكنة خاصة لرمي النفايات والمخلفات ، يتم اختيارها بحيث تبعد عن المدينة مسافة محددة ، ويكون اتجاه الريح فيها إلى خارج المدينة كي لا تؤذي سكانها بروائحها ولا تنشر بينهم الأمراض ، وكانت هذه النفايات توضع في حفر خاصة ، ثم تولى شؤونها ـ في العصور المتأخرة ـ أشخاص تعينهم جهات محددة في الدولة .

ولم يهمل التخطيط العمراني العربي القديم بناء القنوات والسدود والجسور والأزقة بين البيوت وبين المحال التجارية إضافة إلى بناء الأسوار المحكمة والقلاع الشاهقة والحصون المنيعة حفاظاً على المدينة وحماية لها من عوادي الأيام .

وهكذا تميزت معظم المدن العربية والإسلامية القديمة بتخطيط عمراني متميز ، أسهم في تسيير أمور أبنائها بسهولة ويسر ، وتخفيف حدة الأمراض والحرائق والتلوث ، إضافة إلى تأمين حمايتها ومنعتها .

* * *

تراث هندسي

المنشآت الحربية في سلطنة عمان

تتميز سلطنة عمان بموقع جغرافي فريد ، فهي تقع على الخليج العربي وبحر العرب ، مما جعلها على اتصال دائم بكافة الشعوب المجاورة ، وعلى تواصل مع الحضارات القريبة ، إضافة إلى كونها ممراً للسفن الواردة من شتى أنحاء العالم إلى منطقة الخليج ، والسفن الخليجية المنطلقة إلى مناطق مختلفة .

وقد شهدت السلطنة على مر التاريخ معارك حربية عدة ، وكانت أرضها صراعاً في بعض الأحيان بين الحضارتين الرومانية والفارسية ، وقد اضطرها ذلك إلى بناء تحصينات عدة (كالقلاع والأسوار والأبراج) لحماية مناطقها الداخلية من العدوان ، وردع كل من يفكر في التعدي على أراضيها ومحاولة احتلالها .

والناظر في جغرافيا عمان يجد أنها تحوي عدداً كبيراً من الأسوار والأبراج والقلاع التي أنشئت لهذه الغاية ، وما زال بعضها شاهداً حتى الآن على براعة الإنسان العماني الذي استوحى الطراز المعماري من بيئته ، واستفاد من المواد التي حوتها أرضه في بناء هذه المعالم والتحصينات الحربية .

ويلاحظ أن هذه المنشآت الحربية العمانية أقيمت على السواحل من جهة أو في المراكز الحيوية للمدن المزدحمة من جهة أخرى ، وذلك حتى

تكون عيناً ساهرة ومتيقظة لمراقبة ما يحيط بها وتكون رمزاً القوة الزعامة .

وأحصى أحد الكتب المعمارية الحديثة وجود ٥٠٠ عمارة من عمارات سلطنة عمان التي كانت تستخدم للشؤون الحربية ، معظمها أسوار مدن من اللبن ومبانٍ من الحجر للمجاري المائية المعروفة بالأفلاج ثم الأبراج والقلاع والمناظر والحصون .

ويمكن تناول هذه المنشآت من خلال أربعة أنواع :

١ـ الأسوار :

تنشأ الأسوار عادة حول المدن لحمايتها من الهجمات الخارجية وتمكين أهلها من الدفاع من خلال فتحات وأبراج توضع في مناطق مختارة من الأسوار ، وهي طريقة اتبعت في كثير من المدن في العصور القديمة والوسطى .

وقد شهدت عدة مدن عمانية بناء أسوار عبر فترات مختلفة ، وأشهر هذه الأسوار تلك التي كانت محيطة بمدينة مسقط ، والتي اعتبرت خط الدفاع الأول بالنسبة إلى تحقيق المدينة وحمايتها .

وكانت هذه الأسوار تحيط بالمدينة إحاطة السوار بالمعصم إلا من الجانب الشرقي حيث تتكفل الجبال الشاهقة بهذه المهمة ، ويتخلل هذه الأسوار أبراج مستديرة الشكل يبعد كل منها عن الآخر ٣٠٠ متر .

ويبلغ طول ضلع الأسوار الغربية للمدينة قرابة ٦٠٠ متر ، فيما يبلغ طول الضلع عند الجنوب نحو ٢٠٠ متر ، ثم تمتد الأسوار باتجاه الشرق بطول ١٣٠٠متر .

وتحوي هذه الأسوار على ثلاثة مداخل : **أحدها** : يقع في الركن

الغربي أسفل قلعة (المرياني) ويدعى (باب المثاعيب) ، ويتكون هذا الباب من صف من فتحات حديدية صغيرة خلفية .

وفي المدخل الثاني يمر الوادي الكبير إلى الشاطئ ، وعند نهاية الضلع الغربي يوجد مدخل رئيسي يعرف (بالباب الكبير) .

ويقع المدخل الثالث في منتصف الضلع الجنوبي ، وهو مدخل رئيسي مماثل للمدخل الرئيسي الكبير ، ويعرف باسم (المدخل الصغير) .

وتحتوي أسوار مسقط على عدد من الدهاليز والممرات في الطابق الأول ، تسمح بوجود الجنود لحمايتها والدفاع عن المدينة ضد أي عدو يريد اقتحامها ، أما أعلى الأسوار فتحتوي على ممرات مكشوفة توصل بين الأبراج ، وتتسع للفرسان وهم على صهوة خيولهم للتحرك بسرعة للدفاع عن المدينة .

٢ـ الأبراج :

البرج عبارة عن بناء حربي مربع أو مستدير الشكل يبرز عن سمت الجدار والأسوار ، وتحتوي الأبراج على مساقط Machicouffis ومراقب claeis ومزاغل لرمي السهام ، وتزود أسوار الحصون والقلاع بعدد من الأبراج ، ومن ثم فإن حجمها يكون صغيراً لتعددها .

وقد يحدث أن تكتفي بعض القرى بإقامة برج للمراقبة والدفاع المبدئي ، وفي هذه الحالة يكون البرج كبيراً حتى يتسع لإقامة حامية كبيرة يمكنها صد هجمات الأعداء ، أو على الأقل تعطيل تقدمهم حتى تستعد القلاع والحصون القريبة منها .

وتتكون أبراج عمان عادة من طابقين : الأول منهما مسمط ، أما الثاني فيحتوي على غرف ودهاليز لإقامة الجنود ، كما يوجد في جدران الطابق الثاني للأبراج مزاغل (فتحات لرمي السهام arrow - slits) .

ويعلو الأبراج شرفات كبيرة مستديرة تسمح المسافة بينها لوضع فوهات المدافع أو المكاحل ، ويبلغ عددها ثمانية في سور مسقط .

كما كان الطابق الأول مخزناً للبارود ، فيما كانت المدافع توضع على سطح البرج وأحياناً في الطابق الأرضي .

وكانت هذه الأبراج الموضوعة في الأسوار أو القلاع تضمن مدى كاملاً من النيران ، بما في ذلك إطلاق نيران جانبية مكثفة لحماية الجدار الأضعف من المبنى المركزي المخصص للحامية كما في قصر الإمام .

٣ـ الحصون :

الحصن هو أكبر عمائر الاستحكامات الحربية وإن لم يكن أمنعها ، وهو كل بناء يحيط بمساحة من الأرض ليحميها ويحصنها ضد أي اعتداء من داخل البلاد وخارجها ، وقد يكون ساكنو الحصن من الجنود والمدنيين والخلفاء والسلاطين .

وفي سلطنة عمان ظلت الحصون تستخدم مقراً للأئمة والسلاطين حتى القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين ، وكان الحصن هو مركز الحكم التقليدي ، وكان يحيط به أسوار ضخمة بأبراج شامخة وبوابات يقوم على حراستها جنود مزودون بالأسلحة .

ولما كانت الغاية من إقامة تلك الحصون في عمان التحكم في المنطقة التي تشرف عليها لذا اختير لها في معظم الأحيان ، وخاصة الساحلية منها ، مواقع استراتيجية مهمة ، وأقيمت على الصخور والجبال أو في بقعة ممتازة إذا كانت في واد أو سهل .

وأهم حصون السلطنة حتى وقت قريب كانت في الرستاق وصحار والحزم والميراني والجلالي .

٤ـ القلاع :

تمتاز عمان بعدد كبير من القلاع التي بُنيت من أجل حماية البلاد من الهجمات من داخل عمان وخارجها .

وفي وادي سمايل الذي يعتبر حلقة الاتصال الاستراتيجية بين نزوى والساحل تقع أكبر سلسلة من القلاع في عمان ، وفي الداخل هناك قلاع متناثرة على طول خطوط مركزة أمام الصحراء لاستكمال النظام الدفاعي المعقد .

وقلعة نزوى مثلاً مبنى بسيط يتكون من برج دائري بمثابة منصة منبسطة ، تتكشف أمامها أشجار النخيل التي تزخر بها الواحة ، ويتم العبور إليها من الأرض عن طريق سلم ضيق مظلم على شكل حرف (ح) ، حيث يوجد عند كل منعطف منه باب لعرقلة هجوم محتمل من الأعداء ، وتحمي هذه المنعطفات ثقوب قاتلة تلقى منها قذائف على المهاجمين .

ومنصة القلعة ذات شكل دائري تقريباً ، ومزودة بفتحات للمدافع تضمن إطلاق النار وانتشارها على ٣٦٠ درجة كاملة ، وترتفع الجدران فوق المنصة إلى ارتفاع عشرة أمتار ، وبذلك يستكمل المبنى ، وتتيح منطقة دائرية للمشي للفرسان الذين يستطيعون إطلاق النار من فتحات توفر لهم الحماية .

مميزات معمارية :

ومن أهم المميزات المعمارية لهذه المنشآت الحربية العمانية :

أـ المنشآت الداخلية :

١ـ تقتصر على الصراع والأبراج المرتفعة حتى تستطيع مراقبة العدو

على مسافات بعيدة في عرض البحر قبل اقترابه من الشاطئ .

٢ـ معظمها يوجد على الجبال والصخور العالية ذات الموقع الاستراتيجي المميز .

٣ـ جميع المنشآت الحربية الساحلية مبنية بالحجر الصلد ، وكثيراً ما تكسوها طبقة سميكة من الجص ، لأن العوامل المناخية تجبر السكان على استخدام مواد مقاومة لها .

٤ـ يقل استخدام الساقطات في القلاع والأبراج الساحلية ، خاصة المتمركزة في أعالي الجبال ، لأن مهمة الساقطات صب المواد الحارقة على العدو لدى اقترابه من أسوار القلعة .

٥ ـ توجد المزاغل في الطابق العلوي من أبراج السواحل حتى تستطيع إصابة السفن على مسافات بعيدة .

ب ـ المنشآت الخارجية :

١ـ حصون تتوسط المدن والقرى وتحيط بها الأسوار .

٢ـ تتكون الحصون من منشآت حربية كالأبراج والقلاع ومخازن السلاح .

٣ـ تبنى الحصون الداخلية ولاسيما في المناطق الحارة من الطوب (اللبن) ، لأنه أكثر ملاءمة من الأحجار المعرضة للتصدع بفعل الحرارة .

٤ـ تكثر الساقطات والفتحات خلف عقود المداخل الرئيسية للأسوار ، وذلك لصب المواد الحارقة على العدو .

٥ـ وجود المزاغل في الطابق الثاني من أبراج الحصون .

لقد تم اختيار وبناء هذه المنشآت الحربية بحيث تؤدي الأغراض منها

بالصورة المثلى ، وتم اللجوء إلى المواد المحلية في إنشائها مع الأخذ بالاعتبار الموقع والعوامل الجوية المؤثرة والهدف من المنشأة ، وهذه الأمور تدل دلالة قاطعة على الحسِّ الهندسي المتميز الذي كان يتمتع به أبناء سلطنة عمان ، وعبقريتهم الفذة في إنشاء مبان ومنشآت تحمي بلادهم وترد أعداءهم .

* * *

مواد البناء في المباني القديمة

منذ أن وجد الإنسان على ظهر البسيطة تفاعل مع ما يحيط به من طبيعة وبيئة محاولاً الاستفادة منها ، وتسخير مكوناتها واستغلال خيراتها في مأكله ومشربه وملبسه وسكنه ، وكل ما يتعلق بشؤون حياته .

وتدل الدراسات التاريخية أن الإنسان عندما أراد أن يبني مسكنه في العصور القديمة استفاد مما وهبته الطبيعة من أخشاب وأحجار وأغصان ورمال وماء ، وعمد إلى صنع أشكال مختلفة منها لبناء مسكن متواضع يقيه حر الصيف وبرد الشتاء .

وفي المنطقة العربية استفاد العرب من خيرات الطبيعة في بناء مساكنهم ، واستعانوا فيما بعد بالبلاد القريبة منهم لجلب المواد الإنشائية التي كانت مفقودة في بلادهم .

وتشهد الدراسات التاريخية التي بحثت في التراث العلمي العربي على براعة العرب في البناء ، وتميزهم بنمط فريد ونظام مميز استطاعوا من خلالهما أن يصبغوا المنطقة العربية والإسلامية به ، وأن ينتشر فيما بعد إلى دول شتى ، وما زالت شواهده حية حتى الآن تدل على الحس الهندسي المميز الذي عرف به المهندس العربي من جهة ، وذلك البناء المعماري من جهة أخرى .

ومن الثابت أن ذلك التميز والإبداع ترافق مع الخلافة الإسلامية التي شجعت العلم وحفزت الإبداع في شتى العلوم والمعارف ، وهكذا أخذت

الدراسات النظرية والتطبيقية بالاتساع والعمق ، وبدأت آثارها الإيجابية تبدو واضحة على معظم مجالات الحياة ، مستعينة بما كتبته الحضارات السابقة ، ومضيفة إليه إنجازات فذة اعترف بها نصفة المؤرخين .

شواهد خالدة :

ولقد شيد العديد من الأبنية الرائعة خلال الفترة الأولى من عصر الإسلام ، ومنها قبة الصخرة في القدس ، والمسجد الكبير في دمشق وعدد من القصور الأموية ، وتطور ذلك خلال الفترات اللاحقة ، حيث نشأ الطراز التقليدي المعماري الإسلامي المتميز بجمالية عالية ، ويدل على ذلك أعمال الخليفة المنصور في بغداد ، وابن طولون في مصر ، ومسجد قرطبة الكبير ، وقصر الحمراء في غرناطة ، ومجموعة من الأبنية في أصفهان .

وشهدت العمارة في العصر العثماني تميزاً كبيراً مع وجود عدد من المهندسين والبنائين المرموقين الذين تركوا بصمات رائعة وتحفاً معمارية مزيدة في تركية وسورية ومصر .

وتذكر الدراسات الجغرافية عدداً من أهم المواد المستخدمة في تشييد المباني ، سواء كانت للسكن أو الأعمال أو المرافق العامة أو القصور أو المساجد أو القلاع والحصون والأسوار وغيرها .

وكانت هذه المواد تتفاوت من منطقة إلى أخرى تبعاً للطبيعة الموجودة في هذه المنطقة ، فالمناطق الغنية بالأشجار كان تستند إلى الخشب مادة رئيسية في البناء ، والمناطق الغنية بالتربة وتفقد الأشجار كانت تعمد إلى الطوب والآجر لبناء مساكنها .

مواد البناء :

يمكن إجمال أهم المواد التي استخدمها البناؤون العرب فيما يلي :

١ـ الخشب :

كان الخشب في العصور الوسطى أكثر انتشاراً مما هو عليه الآن ، إلا أن استخدامه في بناء الأجزاء الرئيسية لمبنى ما لم يمكن شائعاً ، ويذكر هنا أن مدينة بخارى مثلاً بأكملها من الخشب .

وكان الخشب مستخدماً أيضاً بشكل واسع في إسبانية ، وربما كانت قبة الصخرة في القدس المثال الأكثر أهمية على استخدام الخشب في البناء ، ففي هذا المسجد تتألف القبة نفسها من بنيتين خشبيتين مستقلتين ، والبنية الخارجية مغلقة بأوراق من رصاص .

وبشكل عام كان الخشب يستخدم مع مواد أخرى في تلك الأمكنة التي تكون فيها مقاومة إجهاد الشد ضرورية ، كما هي الحال بالنسبة إلى العوارض الخشبية في أعلى الأبواب والنوافذ وكذلك أعمدة السقوف .

وكانت الدول الغنية بالأشجار تستخدم الأخشاب بكثرة في مبانيها ـ لاسيما بلاد الشام والعراق وعدد من دول المغرب العربي وآسية الوسطى وإفريقية ـ فيما كانت الدول الأخرى في البداية تعمد إلى ما يتوافر لديها من أشجار ـ كالنخيل ـ لبناء مساكنها .

وفي فترات لاحقة كان عدد من الدول العربية يستورد الأخشاب من البلاد الإفريقية ، لاسيما أخشاب الساج القوية ، مستعينين بسفنهم الكبيرة التي كانت تجوب بحار ومحيطات العالم .

٢ـ الأحجار :

لم يكن الخشب وحده مادة البناء الوحيدة ، بل كان يستعمل في أجزاء معينة من المبنى ويستفاد من مواد أخرى في بناء بقية الأجزاء ، ومن أهم هذه المواد الأحجار الموجودة في شتى الدول العربية والإسلامية .

وكانت بعض المباني المهمة تبنى بالحجارة المنحوتة بعناية فائقة ، في حين تبنى المساكن العادية بحجارة مختلفة الأحجام .

ومن أكثر المناطق الغنية بالبناء الحجري الجميل ، كانت سورية ، بسبب احتواء بيئتها على مواقع متميزة تحوي أحجاراً غاية في الجمال ، وكانت هذه الأحجار منحوتة بعناية وذات حروف مستقيمة وأسطح مصقولة .

وكذلك شهدت إسبانية ومصر ودول الجزيرة العربية أبنية من حجارة مختلفة موجودة في بيئتها .

ومن أنواع الحجارة المستخدمة كان الحجر الكلسي الذي يكتسب مع الوقت لوناً غبرياً جميلاً ، أما الملاط فكان يصنع من أساس إما كلسي ، وإما جصّي مخلوط مع الرمل الناعم .

٣ـ الطوب :

استخدم الطوب في البناء منذ العصور القديمة وما زال شائع الاستعمال ، أما الطين الذي يشكل العنصر الأساسي للطوب فكان متوافراً تقريباً في شتى أنحاء العالم ، والبيوت المبنية بهذه المادة تكون دافئة في الشتاء وباردة في الصيف .

ولا ينحصر استخدام هذه المادة في المبنى ذي الطابق الواحد ، بل تستخدم في المباني ذات الطوابق المتعددة كما في شبه الجزيرة العربية ، إضافة إلى استخدامه في بناء العقود والقبب ، إلا أن استخدامه متعذر بعض الشيء في الأماكن ذات الأمطار الغزيرة .

وكثيراً ما يأخذ الطوب شكلاً هندسياً منتظماً ، هو شكل متوازي الأضلاع الذي غالباً ما تخضع قياساته المتنوعة للنسبة التالية (٤ـ٢ـ١) ، التي تدل على الطول والعرض والسمك .

ومن أجل تحضير المزيج الذي يؤلف الطوب ، يشبع الطين بالماء ، ويخلط مع القش ويدعك بالأرجل ، بعد ذلك ينقل إلى المختصين بالصب ، الذين يملك كل منهم قالباً خشبياً (إطاراً مفتوحاً) .

في البداية يغطي هذا المختص الأرض بقليل من المزيج المحضر والوحل والقش ، ويضع إطار القالب بشكل مسطح على الأرض ويملأه بالمزيج المحضر ، ثم يضغط هذا المزيج من كل جانب بيديه العاريتين ، ويكشط الفائض ، في حال وجوده بمكشط صغير ، بعد ذلك يرفع الإطار بحركة منتظمة تاركاً قطعة الطوب الرطبة على الأرض .

٤ـ الآجر :

ما زال استخدام الآجر شائعاً في العديد من الدول العربية ، وهو بشكل عام أصغر من الطوب ، كما أن تحضير الطين المخصص لصناعته يتم بعناية أكبر ، إذ يجب تجفيفه وغربلته بهدف إزالة الأوساخ ، وتضاف إليه عناصر أخرى كالرمل لإعطائه لوناً مائلاً إلى البياض .

وبعد الصب تترك قطع الآجر في وضع مسطح في الهواء مدة ٢٤ ساعة ، ثم توضع على حوافها ، وبعد ذلك تترك أيضاً ثلاثة أيام لتجف قبل أن تكدس في فرن خاص ، ويتألف الفرن من موقد يقع تحت غرفة الشي .

٥ـ اللبن :

كان اللبن يستخدم في العديد من الدول العربية بسبب توافر المواد الأولية له فيها ، ويُصنع اللبْن بخلط التراب مع الكلس ومع التراب المشوي المدقوق ، أو مع الأحجار المكسورة ، ثم يوضع بين لوحين خشبين متوازيين بفضل عوارض خشبية مثبتة بينهما .

وبعد ذلك يتم تجصيص الجدار من الأعلى ، بحيث يأخذ غالباً شكل ترتيب الحجارة السفلي ، وعندما يوضع الجص ، فإن الفتحات التي تخلفها العوارض بطريقة منتظمة تصبح مرئية .

وأصبح اللبْن شائع الاستخدام في المغرب والأندلس خلال القرنين الخامس والسادس من الهجرة (١١ و١٢ للميلاد) ، وبخاصة في المباني الحربية .

رقابة على البناء :

لم يكن صنع هذه المواد واستخدامها في البناء يتم بشكل عشوائي ، إذ عرفت الدول العربية والإسلامية ما يسمى نظام (الحسبة) الذي كان أفراده يتولون أموراً عدة تختص بالرقابة ، ومنها ما يتعلق بأمور البناء والتشييد .

وتذكر الكتب التاريخية ملاحظات عدة كان المحتسبون يؤكدونها خلال تجوالهم على الأبنية قيد الإنشاء ؛ ومنها :

١ـ يجب تعريض الجدران ، وتقريب الخشب الوافر الغليظ القوي البنية ، لتحمل الأثقال وتمسك البنيان .

٢ـ يجب أن تكون الآجرة وافرة ، معدة للجدار الذي يناسبها .

٣ـ يجب أن يكون لدى المحتسب قوالب خاصة لقياس أطوال وسماكات الآجر والقرميد والأخشاب والطوب واللبن .

٤ـ يجب طبخ الآجر بشكل جيد ، وتركه حتى يبيض .

٥ـ يجب ألا يضع الآجر أو الطوب أو اللبن بقالب بالٍ قد نُجر ونقص من وزنه شيء ، وتكون القوالب وافرة ، وطولها وعرضها وسمكها معروفة لدى المحتسب والصناع .

٦ـ يعيِّن المحتسب عريفاً على البنائين ، بحيث يكون رجلاً ثقة أميناً بصيراً بصنعتهم .

لقد أدى استخدام مواد البناء هذه إلى إبداع منشآت معمارية فريدة ما زالت حتى الآن شاهدة على حسن استخدام موارد الطبيعة ، وإبداع الفكر الهندسي العربي ، وبراعة البنّاء ، وإتقانه أصول مهنته .

كما أدت الرقابة على صنّاع مواد البناء وعلى البنائين إلى الاستخدام الأمثل لهذه المواد ، وتلافي مشكلات انهيار الأبنية المفاجئ ، والبقاء على المجتمع مترابطاً متعاوناً .

* * *

العمران الكويتي القديم

شهدت الكويت عبر تاريخها تطوراً عمرانياً تميز بالبطء في بدايته ، ثم تسارع بشكل كبير مع تطور شتى مرافق الحياة بعد الخمسينات ، وصولاً إلى السرعة الهائلة التي نشهدها هذه الأيام .

واللافت للنظر أن العمران الكويتي القديم كان منسجماً مع الواقع الذي يحياه أبناء الكويت ، إذ كان يستفيد من المواد الموجودة في بيئته ليبني منها مسكنه والمكان المخصص للحيوانات ، كما كان يكيفه ليتلاءم مع الطبيعة القاسية ، إضافة إلى إضفاء جو اجتماعي مميز أسهم في تعزيز وحدة البلد الصغير ، وتماسك البنيان الاجتماعي .

العوامل الطبيعية :

من المعروف أن الكويت تقع على رأس الخليج العربي بين ٢٠ و٣٠° شمال خط الاستواء ، وهذا يضعها في الإقليم المداري الصحراوي ؛ حيث الحرارة الشديدة التي تصل في المعدل إلى ٤٥° م صيفاً ، وحيث عدم سقوط الأمطار والرطوبة العالية في أشهر الصيف ، إضافة إلى العواصف الترابية ، وفي الشتاء حيث الطقس المعتدل نسبياً مع كميات قليلة من الأمطار التي تختلف من سنة إلى أخرى .

أما الفصول الأخرى فهي غير واضحة تماماً ، فالطابع العام للطقس هو فصل الصيف الذي يطغى على معظم أيام السنة عدا أشهر الشتاء .

وكان من نتيجة تطرف المناخ وقسوته أن تكونت أشكال معينة للعمران

تلائم هذه الطبيعة وتنسجم مع تلك القسوة في المناخ ، فكانت الأحياء المتلاصقة والمساكن التي تفصلها عن بعضها مسافات صغيرة ، إضافة إلى تقارب جميع الأمكنة العامة التي يرتادها الناس كالمساجد والأسواق .

حيان قديمان :

تشكلت الكويت من عدة أحياء قديمة ، إضافة إلى التجمعات السكانية التي كانت قائمة في المدن البعيدة عن العاصمة كالجهراء والفميحيل والأحمدي ، وغيرها ، وكانت هذه الأحياء تحيط بالبحر وتقع قرب الساحل الممتد حالياً من قرب الأبراج ومستشفى الأميري إلى موقع قريب من ميناء الشويخ الحالي .

وإلى جانب ذلك التكتل كانت هناك بيوت متناثرة تقع قريباً من الأحياء القديمة .

ومن أشهر الأحياء القديمة حيان يعرفان باسم (حي شرق) و(حي القبلة) ، وتأتي تسميتهما من اتجاههما الجغرافي ، وقد ارتبط هذان الحيان بالواجهة البحرية ، وبالتالي بالنشاط التجاري البحري الذي عرفته الكويت قديماً .

ويتميز (حي شرق) أو الشرق ، بأنه مكان صناعة السفن وإصلاحها ، والغوص عن اللؤلؤ ، وكانت تسكنه أكثر العائلات التي تمول عملية الغوص والسفر .

أما (حي القبلة) فكانت تسكنه بعض العائلات التي عملت في التجارة ، ولاسيما تجارة الأخشاب .

أما في الأحياء القديمة الأخرى ، كالمرقاب والصالحية والصوابر ،

فكان القاطنون بها يتميزون بممارسة عدد من المهن اليدوية إضافة إلى تجارة التجزئة .

وكانت الأحياء السكنية تتكون من حارات (فرجان) ومفردها (فريج) ، تضم طرقات ضيقة ومنازل متلاصقة ، وهذه البيوت تسمح بتشكيل ظل طوال النهار ، مما يتيح لأبناء الأحياء المرور بها دون تعرضهم لأشعة الشمس القوية ، كما كان لهذه البيوت المتلاصقة تأثير اجتماعي قوي ، إذ إنها تساعد على تمتين صِلات السكان بعضهم ببعض ، وتعزيز صلات المودة والتراحم ، وتقوية التماسك الإجتماعي ، وتشكيل وحدة اجتماعية متراصة .

المنازل القديمة :

كان الكويتيون يستفيدون مما تقدمه الطبيعة لديهم من مواد للاستخدام في بناء بيوتهم ، وكانوا يأتون بالحجارة (الصخور) من منطقة عشيرج أو النجش .

وكانت معظم البيوت تبنى من الصخور .

وكان الجص (الجبس) يستخدم لصناعة أعمدة يتراوح ارتفاعها ما بين ١٠٠سم و٢٠٠سم تقريباً ، فيما يتراوح عرضها ما بين ٢٥ و٣٠ سم ، إضافة إلى استخدامات أخرى ، كما كانت الكويت تضم عدداً من بيوت الخص (بيت الخص هو بيت من شجر أو قصب أو سعف النخل) ، وبعضها يستخدم للسكن ، فيما يستخدم البعض الآخر للحيوانات .

واشترك مع الخص أيضاً « الكبر » ، وهو شبيه (بالعشة) لكنه مستطيل الشكل ومثلث السقف ، ويتكون سقفه من خشب الجندل الذي يحمل السقف المكون من حصران البواري (القصب) ، ثم انتشرت

العشيش بعد ذلك وتطورت « الأكبار » وأصبحت جدرانها من الطين .

وكانت أخشاب المساكن تجلب من الموانئ الإفريقية عن طريق التجار الكويتيين الذين كانت سفنهم تحط في موانئ إفريقية بعد المرور بسلطنة عمان وعدن أن تتوجه من الهند إلى الموانىء الإفريقية في رحلة تمتد نحو عشرة أشهر متواصلة .

وكان هناك نجارون وبناؤون متخصصون في البناء ، وكان يطلق على المعلم الماهر في البناء اسم « الأستاذ » ؛ تكون لديه ورشة تضم عدداً من العمال الذين يساعدونه على بناء المنزل أو ترميمه .

التصميم الداخلي :

حرص البناؤون الكويتيون على بناء منازل تلائم البيئة القاسية لبلادهم ، وتحميهم من حرارتها اللاهجة وبردها الشديد (في أيام عدة من فصل الشتاء) ، وكان البيت يبنى على شكل فناء مكشوف تقام حوله مستلزمات المسكن كالغرف والمطابخ ودورة المياه .

أما مواد البناء فتتكون من الطين المخلوط بالقش ، وكانت هذه التركيبة تساعد على التعايش مع البيئة القاسية ، فهي تمنح البيت رطوبة في فصل الصيف ودفئاً في فصل الشتاء .

وكان البناؤون يحرصون على جعل الجدران عالية للتخفيف من حدة الحرارة في فصل الصيف إضافة إلى تزويد الغرف بفتحة تمتد من السطح حتى أرضية الغرف تسمى (باجدير) تسهم في الحصول على هواء بارد نسبياً .

وسقف المنازل كان يطعم بمواد مختلفة ؛ منها (البارية) ، وهي نوع من الحصر تغطي الأسقف وتوضع فوق أنواع من خشب (الجندل) ، كما كان المسكن الكويتي يتجه إلى الداخل ، حيث تنعدم النوافذ المطلة على

الأحياء ، وذلك تمشياً مع العادات والتقاليد ، وللتخفيف من حرارة الشمس ، وهذه النوافذ كانت تطل على الفناء الداخلي للمسكن (صحن الدار) المفتوح إلى السماء .

وكانت بعض المنازل تحتوي على بركة للماء العذب تبنى في حوش المنزل ، وهذه البركة تكون بعيدة عن البئر أو دورة المياه ، وتكسى من الداخل بالصخر البحري ، ثم تشبع بالجص والإسمنت لسد الثقوب .

كما كان البناؤون يهتمون بوضع أمكنة تصريف مياه الأمطار على الأسطح ، لئلا تتجمع المياه ضمن برك صغيرة وتسبب في إتلاف السطح والجدران ، وإيذاء أبناء السكن .

أهم المواد المستخدمة في البناء :

١ـ **اللبن** : مادة بمثابة الطابوق الإسمنتي حالياً ، تستخدم لبناء الجدران وتجلب من أمكنة متفرقة من الكويت ، وتخلط مع « التبن » الذي يستخلص من مخلفات قشور القمح والشعير لتصبح « اللبنة » قوية متماسكة .

٢ـ **الصخر** : يستخدم في بناء أسس الجدران في الغالب نظراً لتكلفة نقله وتهذيبه ، ويستخدم أحياناً للجدار فيصبح قوياً متماسكاً ، يجلب الصخر من منطقة (المشيرج) أو أي من المناطق الأخرى البحرية .

٣ـ **الرماد** : ما ينتج عن مخلفات الاحتراق التي تستخدم في الطهي ، ويستخدم بعد خلطه مع الماء وتسويته على سطح البيوت كمادة عازلة لمنع تسرب الماء .

٤ـ **الجص** : هو ما يعرف حالياً بالجبس ، ويكون لونه أبيض مائلاً إلى الصفرة ، ويستخدم لعملية مساح البيوت بعد خلطه بالماء وعجنه لزيادة تماسكه ، والمادة كانت متوافرة في الكويت .

٥ـ **الحشري** : قطع صغيرة من الصخور المنتشرة على سواحل البحر ، يستخدمها البعض بفرشها على أرضية فناء البيت (الحوش) ، وأيضاً لحجرات (الدور) ، وذلك لتماسك الأرضية .

٦ـ **الحُصْحُص** : نوع من الطين يميل لونه إلى الصفرة الباهتة ، ويسمى « الطين الأبيض » يستخرج من باطن الأرض ، ويستخدم لدفن أرضية فناء البيت والحجرات ، ويوضع فوق « **الحشري** » .

٧ـ **الجندل** : نوع من الأخشاب الذي يعرف بشجر « المنجروف » ، ينمو بكثرة في شرق إفريقية ، ويستخدم في تسقيف الدور ، ويصبغ بطلاء معين لمنع تآكله .

٨ـ **الباسجيل** : نوع من أغصان الأشجار الفارعة التي تسمى « البامبو » ، يستخلص على شكل شرائح طولية ، وترص على شكل متقاطر فوق « الجندل » .

٩ـ **البواري والمناقير** : نوع من الحصير السميك يستخدم في تغطية سقوف الدور وتوضع فوق « الباسجيل » و« الجندل » .

١٠ـ **الطاري** : مادة ذات لون أسود شديدة التماسك ، تستخلص من مشتقات النفط التي كانت تستورد من الخارج ، تستخدم لدهان « الجندل » و« الباسجيل » لوقايتها من التآكل .

وسائل البناء القديمة :

١ـ **الصخين** : يستخدم لجرف الطين والتراب ، وكأداة للخلط والتسوية لأرضية فناء البيت والحجرات .

٢ـ **الهيب** : حديدة طولها نحو ١,٥ متر ، رأسها مدبب ، وقطرها بحدود ثلاثة سنتيمترات ، تستخدم لحفر الأرض الصلبة وللهدم .

٣ـ **الجدوم** : هو ما يطلق عليه حالياً « المعول » ويستخدم للحفر والهدم .

٤ـ **الزبيل** : يوضع بداخله مواد البناء الأساسية من تراب وطين وصخر ويحمله البناؤون على أكتافهم لينقلوا به مواد البناء .

٥ـ **الجيلة** : وعاء صغير يتسع لنحو ثلث كيلو غرام ، يستخدم لغرف الماء وبعض مواد البناء .

٦ـ **الخيط** : يستخدم لتحديد دقة امتداد البناء المقام ، ويكون البناء وفق امتداد الخيط بشكل أفقي .

٧ـ **البلْد** : يستخدم لتحديد استقامة البناء من الناحية الرأسية ، ولاستقامة ارتفاع الجدار المبني .

* * *

قوانين الحركة
في التراث العلمي العربي

أدت الحضارة العربية دوراً رائداً في تاريخ الإنسانية ، وكانت حلقة مميزة وفريدة في حلقات عِقْد الحضارات الذي ابتدأ بالحضارات القديمة كالفرعونية واليونانية ، وما زال مستمراً .

ويسجّل للعلماء العرب اتخاذهم مبدأ أصيلاً في دراساتهم العلمية الجادة ، هو مبدأ التجربة والمراقبة ، وذلك ضمن مبادئ عدة اتخذوها أساساً في بحوثهم التي أجروها في المجالات المختلفة ، فلم يكتفِ هؤلاء العلماء بالبحوث النظرية البحتة ، وبالأفكار والمبادئ الخيالية التي لا واقع عملياً لها ، بل عمدوا إلى البحث والمراقبة والرصد والتجربة ، وحاولوا تطبيق كل ما درسوه وتعلموه على أرض الواقع ، ليشاهدوا عملياً ما أثبتوا صحته نظرياً ، وما تعلموه من بطون الكتب ودور العلم .

التجربة أكبر برهان :

ومن الثابت لدى العلماء أن التجربة أكبر برهان ، وإذا ما تبين مطابقة التجربة لما قلته نظرياً ، فهذا يعني تحقيقك النجاح المنشود ، والوصول إلى الهدف المطلوب من عملك ، وكان هذا دأب علماء الحضارة العربية الذين سجلت لهم آثارهم آلاف التجارب في الميادين الطبية والنباتية والحيوانية والصناعية والعلمية المختلفة ، وكان كثير منهم لا يبوح بشيء من علمه إلا بعد إجراء التجارب والتأكد من مطابقتها للأفكار النظرية .

وإذا كان « مبدأ التجربة » ينسب إبداعه إلى العلماء الغربيين ، فإن هذا يدل على حقيقة مهمة بدأت تتجلى منذ خمسينيات هذا القرن ، هي أن مؤرخي العلوم غمطوا التراث العلمي العربي حقه ، ولم يدونوا بحياد ونزاهة ما توصل إليه هذا التراث من حقائق علمية مذهلة ، ونسبوا كل حقيقة علمية أو نظرية هندسية أو تجربة طبية إلى علماء اليونان أو الرومان أو العلماء الغربيين ، إلا بعض المنصفين منهم .

ويعتبر علم الحيل (علم الميكانيك) من أكثر العلوم التي تم تجاهل إنجازاتها ، وتغاضي المؤرخين عن الإبداعات العلمية الرائعة لعلماء الحضارة العربية في هذا المجال ، ولم يكشف النقاب عن معظم هذه الإنجازات إلا مع بداية الدراسات العلمية الجادة التي قام بها علماء عرب ، وبعض العلماء الغربيين في منتصف القرن الحالي ، وما زالت الكتب والدراسات الحديثة تتحفنا بمئات الإنجازات والابتكارات الرائعة التي كانت محفوظة في بطون المخطوطات العربية ، والتي تشهد ـ بشكل لا يقبل مجالاً للشك ـ بالتطور العلمي الهائل الذي حققته الحضارة العربية ، وبمدى الذكاء والإبداع والابتكار الذي كان لدى علمائها .

قوانين الحركة :

من أشهر القوانين في علم الميكانيك قوانين الحركة الثلاثة ، وتنسب هذه القوانين للعالم الفيزيائي الشهير إسحاق نيوتن في القرن السابع عشر الميلادي ، وتستخدم هذه القوانين لكي تصف وتنبئ عن حركة الأجسام الظاهرة في الكون بما في ذلك حركة كواكب مجموعتنا الشمسية .

وقد حدد العالم ابن سينا عناصر الحركة في ستة أمور ؛ هي :

المتحرك (أي الجسم المتحرك) ، والمحرك (أي القوة المسببة للحركة) ، وما فيه (يعني موضع الجسم) ، وما منه (أي موضع بداية

الحركة) ، وما إليه (أي موضع انتهاء الحركة) ، والزمان (يعني الفترة الزمنية التي استغرقتها الحركة) ، كما ذكر ابن سينا في كتابه « الشفاء » تعريف الحركة الطبيعية والحركة القسرية ؛ فقال : (وكل جسم متحرك فحركته إما من سبب من خارج وتسمى حركة قسرية ، وإما من سبب في نفس الجسم ، إذ الجسم لا يتحرك بذاته ، وذلك السبب إذا كان محركاً على جهة واحدة على سبيل التسخير فيسمى طبيعة) .

ووصف العالم هبة الله بن ملكا البغدادي الحركة المكانية (الانتقالية) والحركة الوضعية (الدورانية) ؛ فقال : (الحركة المكانية : هي التي بها ينتقل المتحرك من مكان إلى آخر ، والحركة الوضعية : هي التي تتبدل بها أوضاع المتحرك ولا يخرج عن جملة مكانه كالدولاب والرحى) .

ونجد في بحوث العالم الفذ الحسن بن الهيثم إشارة واضحة لمصطلح كمية الحركة (momentum) يتعلق بحركة نقطة مادية مفردة من خلال معرفة جدائها وسرعتها ؛ سماه « قوة الحركة » ، وقال فيه : (والمتحرك إذا لقي في حركته مانعاً يمانعه ، وكانت القوة المحركة له باقية فيه عند لقائه الممانع ، فإنه يرجع من حيث كان في الجهة التي منها تحرك ، وتكون قوة حركته في الرجوع بحسب قوة الحركة التي كان تحرك بها الأول ، وبحسب قوة الممانعة ، لأن الحركة المكتسبة إنما تكون بحسب مقدار المسافة وبحسب مقدار الثقل) .

كما جمع الجرجاني في كتابه « التعريفات » الحالات الممكنة للحركة في الكم والكيف والأين والوضع والحركة العرضية والذاتية والقسرية والإرادية والطبيعية ، ولا تخرج قوانين الحركة المعروفة حالياً عن هذه المضامين .

القانون الأول :

يقول هذا القانون بأن الجسم يبقى في حالة سكون ، أو حالة حركة منتظمة في خط مستقيم ، ما لم تجبره قوى خارجية على تغيير هذه الحالة ، ويتعلق القانون بخاصية القصور الذاتي أو العطالة .

والنص الفيزيائي للقانون هو : [كل جسم يظل على حالته من السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته] .

وقد تناول إخوان الصفا أجزاء من القانون في رسائلهم في أكثر من موضع عند حديثهم عن الحركة (فالأجسام الكليات كل واحد له موضع مخصوص ، ويكون واقفاً فيه لا يخرج إلا بقسر قاسر ، فمتى وقفت الدابة ، سكن الدولاب ، وعدم الاستقاء) .

وذكر ابن سينا في كتابه (الإشارات والتنبيهات) : أن (الجسم إذا خُلي وطباعه ، ولم يعرض له من خارج تأثير غريب ، لم يكن له بد من موضع معين وشكل معين ، فإذن في طباعه مبدأ استيجاب ذلك .

والجسم له في حال تحركه مثل يتحرك ، ويحس به الممانع ، ولن يتمكن من المنع إلا فيما يضعف ذلك فيه ، وقد يكون من طباعه ، وقد يحدث فيه من تأثير غيره فيبطل المنبعث عن طباعه إلى أن يزول فيعود انبعاثه) .

ويبين ابن سينا هنا أن الجسم لا يخلو من موضع وشكل طبيعيين ، لأن فيه طبيعة تقتضي ذلك ، شريطة أن لا يعرض له من الخارج أي تأثير ، لأن التأثير الخارجي ربما جعل للجسم موضعاً وشكلاً قسرياً .

كما نبه ابن سينا إلى أن الجسم له ميل للاستمرار في حركته ، يحس به المانع والذي لا يتمكن من منع حركته إلا فيما يضعفهما أولاً ، حيث

تأخذ الموانع الخارجية في إفنائه قليلاً قليلاً .

ويتبين من ذلك أن ابن سينا توصل إلى القانون الأول للحركة بشقيه الخاصين بحالة السكون وحالة الحركة المنتظمة ، ومدافعة الجسم وطلبه البقاء على حاله ومقاومته للتغيير ، وهي ذاتية خاصة بالجسم ، حال سكونه وحال حركته ، كما تضمنت بحوث ابن الهيثم معنى القصور الذاتي ، فقد ناقش ذلك في وصفه حركة الكرة بعد ارتدادها من السطح (إذ لا تلبث الكرة حتى تهبط إلى أسفل) كما أسند تغير قوة الحركة من حيث الكم والمقدار إلى القوة .

القانون الثاني :

ينص هذا القانون على أن القوة اللازمة للحركة تتناسب مع كل من كتلة الجسم المتحرك وتسارعه ، وبالتالي فإنها تُقاس بحاصل ضرب الكتلة والتسارع ، بحيث يكون التسارع في الاتجاه نفسه للقوة ، وعلى خط واحد ، ويعرَّف هذا القانون فيزيائياً : [تتناسب القوة المؤثرة على جسم متحرك تناسباً طردياً مع كل من كتلته وتسارعه] .

وفي تطبيق هذا القانون على تساقط الأجسام تحت تأثير الجاذبية الأرضية تكون النتيجة أنه إذا سقط جسمان من الارتفاع نفسه ، فإنهما يصلان إلى سطح الأرض في اللحظة نفسها ، بصرف النظر عن وزنهما ، ولو كان أحدهما كتلة حديد والآخر ريشة ، ولكن الذي يحدث من اختلاف السرعة مرده إلى اختلاف مقاومة الهواء لهما في حين أن قوة تسارعهما واحدة .

وقال ابن سينا في هذا المجال : إن الجسم الأقل مقداراً أقبل للتحرك وأسرع حركة ، ويؤكد فخر الدين الرازي ازدياد القوة الطبيعية مع عظم الجسم ، فالأجسام كلما كانت أعظم كان ميلها إلى أحيازها الطبيعية

أقوى ، فإذا كانت كذلك كان قبولها للميل القسري أضعف .

ويفسر الرازي اختلاف مقاومة الوسط الخارجي كالهواء للأجسام الساقطة ؛ فيقول : (أما القوة القسرية فإنه يختلف تحريكها للجسم العظيم والصغير ، لا لاختلاف المحرك ، بل لاختلاف حال المتحرك ، فإن المعاوق في الكبير أكثر منه في الصغير) .

وصاغ ابن ملكا البغدادي القانون الثاني بهذه الصورة : (وكل حركة ففي زمان لا محالة ، فالقوة الأشد تحرك أسرع وفي زمان أقصر ، فكلما اشتدت القوة ازدادت السرعة فقصر الزمان ، فإذا لم تتناه الشدة لم تتناه السرعة ، وبذلك تصير الحركة في غير زمان أشد ، لأن سلب الزمان في السرعة نهاية ما للشدة) .

إن هذه النصوص التراثية تبين أن العلماء العرب ، وقفوا على ما يكاد يكون كل معاني القانون الثاني للحركة ، وإن لم يتوصلوا إلى صياغته بشكل رياضي مناسب كما فعل إسحاق نيوتن .

القانون الثالث :

ينص القانون الثالث من قوانين الحركة على أن : (لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ، ومخالف في الاتجاه) .

تبين دراسات علماء العرب إلى أنهم توصلوا إلى أصول هذا القانون ، فقد أشار فخر الدين الرازي إلى أحد معاني هذا القانون من خلال صياغته لقانون الاتزان تحت تأثير قوتين متساويتين ، بقوله : (الحلقة التي يجذبها جاذبان متساويان حتى وقفت في الوسط ، لاشك أن كل واحد منهما قد فعل فيها فعلاً معوقاً بفعل الآخر ، ثم لاشك أن الذي فعله كل واحد منهما لو خُلّي عن المعارض لاقتضى اجتذاب الحلقة إلى جانبه) .

كما أوضح الرازي فكرة الاتزان تحت تأثير قوتين متساويتين في

المقدار ، ومتعاكستين في الاتجاه ، بتأثير الفعل ورد الفعل .

وذهب ابن ملكا البغدادي ـ الذي كان يراقب لعبة شد حبل بين متصارعين ـ إلى أن الحلقة المتجاذبة بين المتصارعين ، لكل واحد من المتجاذبين في جذبها إلى الآخر قوة مقاومة لقوة الآخر ، فإن غلب أحدهما كانت قوته مقهورة وليست معدومة .

ويمكن القول بأن ما ذهب إليه ابن ملكا يطابق ما أورده نيوتن عن القانون الثالث للحركة .

تعتبر هذه القوانين الثلاثة أساس الآلات المتحركة اليوم ، وتنطلق تصميمات هذه الآلات من تلك القوانين ، وتعتمد عليها اعتماداً كلياً ، ابتداء من السيارات ، ومروراً بالمركبات الفضائية ، كما أنها أساس جميع العلوم الفيزيائية التي تقوم على الحركة كالإلكترونيات والصوتيات .

ونجد من كل ما تبين أن العلماء العرب كان لهم اليد الفضلى في صياغة وصفية لقوانين الحركة الثلاثة في نصوص صريحة واضحة ، ولو أنصف مؤرخو العلوم لنسبوا القانون الأول في الحركة لابن سينا ، والثالث لابن ملكا البغدادي مع اقترابهم من الوصف الذي أورده نيوتن للقانون الثاني .

* * *

علم الميكانيك (الحيل)
في التراث العلمي العربي

يشهد العالم حالياً قفزات هائلة في مضمار العلوم والتقانة ، وتطالعنا كل يوم أنباء جديدة عن اختراعات وابتكارات حديثة ، تقدم خدمات جلّى للبشرية ، وتفتح أمام الحضارة الإنسانية المعاصرة أبواب المعرفة .

وعلم الميكانيك بشتى أنواعه ، أحد العلوم الرئيسية التي يعتمد عليها البناء العلمي المعاصر ، فهو يدخل في معظم الابتكارات الحديثة ، ويسهم إسهاماً كبيراً في دفع عجلة الرقي والتطور ، ويتشابك مع علوم أخرى كالإلكترونيات والمعلوماتيات في تقديم الابتكارات التقانية الحديثة .

ويجد الباحث في التراث العلمي العربي أن هذا التراث غني بالأبحاث العلمية والابتكارات التقانية ، وأن الحضارة العربية بلغت شأواً عظيماً في العلوم التطبيقية والبحتة ، وأنهم تركوا كتباً ودراسات وإنجازات علمية فذة شكلت حلقة مزيدة مميزة في عقد التطور العلمي عبر الحضارات كافة .

وقد أبرز كتاب « التكنولوجيا الإسلامية » الصادر عن اليونسكو عام ١٩٨٧م عدداً كبيراً من هذه الإنجازات ، وذكر أن الكم الهائل الذي تركته الحضارة العربية الإسلامية من هذه المخطوطات لا يمكن أن يكون مجدباً أو فقيراً في إبداعاته ، وأن هناك نسبة كبيرة من هذه المخطوطات تتناول

المواضيع العلمية ولم تطبع حتى الآن ، وأن كثيراً منها ما زال مفقوداً رغم الإشارة إلى وجوده في عدد من الفهارس العربية والعالمية .

علم الحيل :

ومن العلوم التي برعت فيها الحضارة العربية وحققت إنجازات كبيرة علم الميكانيك (علم الحيل كما كان يسمى في التراث العلمي العربي) ، وثمة شواهد كثيرة تدل على أن العرب استفادوا مما كتبه اليونانيون والرومان والإغريق في هذا العلم ، وأضافوا إليه من أفكارهم وعلومهم ونظرياتهم ، ثم جاء من بعدهم ـ ولاسيما العلماء الأوربيون ـ فأخذوا هذه العلوم وطوروها ، وعملوا فيها بحثاً ودراسة واختباراً ، حتى وصلت العلوم الحديثة إلى ما وصلت إليه ، واستطاعت المكتشفات التقانية الحديثة أن تفرض نفسها على كل مجالات الحياة ، وتصبح أمراً ضرورياً للإنسان لا غنى عنه .

وإذا كانت الشواهد العلمية العربية كثيرة في ميداني الطب والكيمياء بشكل عام ، فإنما يعود ذلك لكثرة العلماء الذين عملوا في هذين العلمين ، ولتماسهما المباشر بحياة الإنسان ، أما السبب في عدم شهرة « الحيل » كعلم وانتشاره كغيره من العلوم ، فيعود إلى قلة المشتغلين به ، وعدم ارتباطه بشؤون حياة البشر ارتباطاً وثيقاً ، وتشعبه بين الرياضيات والفيزياء والكيمياء والفلك .

الحيل : لغة واصطلاحاً :

الحيلة في **اللغة** : الحذق وجودة التصرف ، وأيضاً : القدرة على التصرف ، وجمعها : (حِيل) ، ومنها أتى « علم **الحيل** » على اعتبار أنه يتميز بالحذق والمهارة والقدرة على تذليل بعض الصعوبات .

وقد ظهر مصطلح « الميكانيك » لأول مرة في مؤلفات أرسطو ، وعلى الرغم من أن جميع المصادر تشير إلى أن هذه الكلمة إغريقية الأصل، فإنه ليس هناك اتفاق على ما كانت تعنيه بشكل دقيق ، فنجد أنها تعني في عصر الحضارة اليونانية والرومانية كل الفنون المتعلقة بالمهارة والبراعة والحذق ، كما أن هذه الكلمة استعملت بمعنى أكثر تحديداً ، فكانوا يقصدون بها الآلات الرافعة ، ولاسيما تلك الأدوات التي كانوا يرفعون بها الستارة في المسارح اليونانية والرومانية القديمة ، في حين نجد في مصدر آخر أنها مشتقة من الكلمة اليونانية (في لاميخاني لالا) ومعناها وفقاً للمفاهيم الحديثة (في لا منشأة لالا) ، أو (في لا اختراع لالا) .

وحالياً يطلق علم الميكانيك على كل ما يتناول الدراسات التطبيقية والنظرية للآلات والحركات وكيفية عملها وتصميمها ، والمؤثرات التي تؤثر فيها ، ويمتد ليشمل أدوات الإنتاج وتصميمها وقطع غيارها ، ويقسم في الدراسات الحديثة إلى قسمين رئيسيين : الأول علم الاستاتيك (علم السكون أو التوازن) ، والآخر علم الديناميك (علم الحركة أو التحريك) .

الهندسة وعلم الحيل :

اعتبر العرب علم الهندسة واحداً من العلوم الرياضية ، وهذه العلوم تضم إضافة إلى علم الهندسة ، علم الهيئة وعلم العدد وعلم الموسيقى ، وقسموا علم الهندسة إلى عدة علوم ؛ هي علم عقود الأبنية وعلم المناظر ، وعلم المرايا المحرقة ، وعلم مراكز الأثقال وعلم جر الأثقال وعلم المساحة وعلم أنباط المياه ، وعلم الآلات الحربية (علم الرمي) وعلم الملاحة وعلم البنكامات (الساعات) ، وعلم الأوزان والموازين ، وعلم الآلات الروحانية .

واستخدم العرب كلمة « الحيل » للدلالة على الآلات والأدوات الميكانيكية والأجهزة الأوتوماتيكية ، وقسم الخوارزمي في كتابه (مفاتيح العلوم) علم الحيل إلى قسمين :

الأول : في جر الأثقال بالقوة اليسيرة وآلاته .

الثاني : في آلات الحركة وصنعة الأواني العجيبة .

وثمة تعبير آخر عن هذه الكلمة أو العلم هو (علم الآلات الروحانية) ، وسمي بذلك لارتياح النفس بغرائب هذه الآلات .

ويبدو أن الحضارة العربية عرفت (علم الحيل) بأنه تلك الآلات والأواني والساعات العجيبة الغريبة التي بإمكانها فعل حركات مدهشة ، وإصدار أصوات غريبة وجر المياه والأثقال والأوزان ، دون أن تكون هناك روابط وثيقة مدوَّنة في كتبهم عن صلة الرياضيات والفيزياء الحميمة بتلك الآلات ، ولاشك في أن من أبدع تلك الآلات والتطبيقات الفريدة كان له حظ وافر من العلوم البحتة (النظرية) ، لكن لم يتم الربط بين هذه المعلومات وبين التطبيقات التي كانت تعتمد على التجربة والاختبار بشكل كبير .

بنو موسى وكتاب الحيل :

استفاد العلماء العرب كثيراً من الكتب العلمية اليونانية التي ترجمت إلى اللغة العربية ابتداء من القرن الثالث الهجري ، ومن هذه الكتب (شيل الأثقال) و(الحيل الروحانية) ، وهما لهيرون الإسكندري ، وهو عالم يوناني عاش في مدينة الإسكندرية المصرية ، وصنف عدداً من الكتب في هذه المواضيع ، وله أيضاً كتاب في (حل مشاكل إقليدس) ، وكتاب (الثقل والخفة) لإقليدس ، وكتاب (آلة ساعات الماء التي ترمي بالبنادق) لأرخميدس ، وكتاب (الدوائر والدواليب) لهرقل النجار ،

وكان ما اطلع عليه العلماء في هذه الكتب وغيرها ، قد ساعدهم على أن يتوسعوا في هذا العلم (علم الميكانيك) ، فصنعوا كثيراً من الأجهزة والأدوات التي استخدموها في الحياة العملية ، وضمنوها في كتبهم التي عن طريقها استطعنا دراسة التراث العلمي العربي في هذا العلم .

ومن أهم هذه الكتب (كتاب الحيل) أو ما يعرف باسم (حيل بني موسى) نسبة إلى أبناء موسى بن شاكر ، أحمد ومحمد والحسن (القرن التاسع الميلادي) الذين كانت لهم جهود كبيرة في تنشيط حركة نقل الكتب من بلاد الروم والإنفاق عليها ، وكان أشهرهم في (علم الحيل) أحمد الذي فتح له في صناعة الحيل ما لم يفتح لغيره ممن عمل في هذه الصناعة .

ومن المحتمل أن يكون أبناء موسى هم أول من أطلق ـ من العرب ـ اسم علم الحيل على هذا العلم ، وذلك لريادتهم فيه ترجمة وتأليفاً وإبداعاً ، وكان هؤلاء ممن تناهوا في طلب العلم وبذلوا فيه الرغائب وأتعبوا فيها نفوسهم ، وهم بذلك يعدون من أبرز من عمل في هذا العلم ، وما يؤكد أنهم أول من استخدم كلمة الحيل ، مقالهم الذي يتحدث عن الآلة التي تزمر بنفسها ، فقد استخدموا فيه كلمة (الحيلة) مرات عديدة ، وذلك للدلالة على أسلوب التغلب على مشكلة ما ، وتذليل بعض الصعوبات .

وقد حقق (كتاب الحيل) لأبناء موسى بن شاكر الدكتور أحمد يوسف الحسن ، ونشره معهد التراث العلمي العربي التابع لجامعة حلب عام ١٩٨١م ، ضمن سلسلته الرائعة عن تاريخ التكنولوجيا ، ويتضمن الكتاب مئة حيلة (عملية ميكانيكية) تعالج أمور الأوعية ذات المياه الحارة والباردة ، والآبار ذات المستوى الثابت ، وآلات الشراب المجهزة بآلات موسيقية ، وغيرها .

ابن الجزري :

ومن أبرز العلماء العرب الذين عملوا في علم الحيل ونبغوا فيه أبو العز بن إسماعيل الجزري (النصف الثاني من القرن الثاني عشر الميلادي ، وأوائل القرن الثالث عشر) ، وكني بالجزري لأنه كان من أبناء الجزيرة الواقعة بين نهري دجلة والفرات ، قرب ملتقى الحدود السورية التركية العراقية .

ويعد كتاب ابن الجزري (الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل) أشهر الكتب التي أُلفت في (علم الحيل) ، وأوسعها في التراث العلمي العربي ، وقد حقق هذا الكتاب الدكتور أحمد يوسف الحسن ونشره معهد التراث العلمي العربي أيضاً في عام ١٩٧٩م ضمن سلسلة تاريخ التكنولوجيا .

كما يعد هذا الكتاب العلمي الضخم الوثيقة العلمية الساطعة التي تبرهن على أن الحضارة العربية أسهمت في تطور التقانة ، وبلغت شأواً شامخاً في ابتكار التقنيات الضرورية للحياة ؛ كالساعات وآلات رفع المياه وحفر الآبار والمطاحن التي تدور بقوة الرياح ، أو بفضل جريان الماء ، إضافة إلى حلقات الآلات والوسائل الهيدروليكية والمهارات الميكانيكية المعقدة التي انتقلت من الصانع المعلم إلى التلميذ المتدرب جيلاً بعد آخر .

إن الجزري بهذا الكتاب القيم لم يستوعب فقط فنون الذين سبقوه من المهندسين العرب وغيرهم ، بل كان مهندساً مبدعاً أيضاً ، أضاف إلى ما كان معروفاً ، واخترع كثيراً من الآلات والوسائل الميكانيكية التي ظهرت آثارها في التصميم الميكانيكي للمحركات البخارية ، ومحركات الاحتراق الداخلي ، وفي مبادئ التحكم الآلي ، وغير ذلك من الآلات الميكانيكية والهيدروليكية .

ابن المعروف :

وثالث الكتب المشهورة في علم الحيل كتاب (الطرق السنية في الآلات الروحانية) لابن معروف الدمشقي (القرن السادس عشر الميلادي) الذي حققه الدكتور أحمد يوسف الحسن ، ونشره معهد التراث العلمي العربي بحلب عام ١٩٧٦م .

ويعد الكتاب فتحاً علمياً جديداً في تاريخ العلم والتقانة ، وقد تضمن إنجازات علمية عربية فريدة ؛ من أهمها المضخة المكبسية ذات الأسطوانات الست ، وساعة فلكية ميكانيكية مشابهة للساعات الميكانيكية التي كانت مشهورة في الخمسينيات من هذا القرن ، إضافة إلى آلات جر الأثقال ، ودوافع تعمل بالدواليب المسننة ، وأخرى تعمل بالبكرات والحبال ، وآلة تعمل باللولب (الحلزون) .

لقد أسهمت الحضارة العربية إسهاماً كبيراً في تقدم علم الميكانيك (الحيل) وتطوره ، وتركت إنجازات مذهلة وتطبيقات فريدة فتحت الآفاق أمام العلماء المعاصرين لابتكار أجهزة حديثة تقدم خدمات جلى للبشرية ، وتساعد على رفاهيتها ورقيها .

* * *

علم السكون (الستاتيكا)
في التراث العلمي العربي

يعد علم السكون (الستاتيكا) أحد فروع علم الميكانيك الرئيسية ، ويقسم الباحثون علم الميكانيك إلى ثلاثة أقسام ؛ هي : علم السكون (التوازن) ، وعلم التحريك (الديناميكا) ، وعلم الحركة .

وقد تشكل علم السكون كمادة علمية مستقلة خلال العصور القديمة ، وكان هدفه الرئيسي في البدء حساب نمو القوة المبذولة بوساطة أجهزة ميكانيكية مختصة ، فالكلمة اليونانية (mechane) كان تعني في الأصل آلة أو مجموعة من الأجهزة البارعة ، ونتيجة لذلك كان المصطلح (ميكانيك) يرتبط بعلم (الآلات البسيطة) التي تسمح بتحريك أحمال ثقيلة بوساطة قوة ضعيفة .

وكان اليونانيون يضعون علم السكون على قدم المساواة مع علم الأعداد أو « علم الحساب » ، وكانوا يميزون في كل منهما قسماً نظرياً وقسماً تطبيقياً ، وقد ظهر في العصور القديمة اتجاهان في علم السكون : الأول مرتكز على الهندسة وهو ذو طبيعة نظرية ، والثاني مرتكز على علم الحركة (كينماتيكا) cinematique وهو ذو طبيعة تطبيقية ، وفي الحالة الأولى كانت تدرس قوانين التوازن على مثال رافعة في حالة توازن ثابت ، كما تم إدخال مفهوم مركز الثقل في علم السكون في إطار قسمه الهندسي الذي يتميز باستخدام مكثف للرياضيات في قوانينه .

أما في الحالة الثانية لعلم السكون فإن القاعدة هي التطبيق العملي لـ (الآلات البسيطة) المخصصة لرفع ونقل الأحمال الثقيلة ، وكانت قوانين توازن الأجسام تدرس على مثال رافعة عند اختلال توازنها ، كما كانت الاستنتاجات ـ المستوحاة من المبرهنات الرئيسية لعلم السكون ـ ترتكز على فرضيات علم الديناميكا ، وقد اعتُمد بعض هذه الفرضيات بشكل صريح ، في حين أهمل بعضها الآخر .

النصوص الأولى :

ترد أقدم النصوص عن علم السكون في كتابات أفلاطون (٤٢٧ـ٣٤٤ق .م) حيث يقول في كتابه الموسوم تيمايوس (Timaios or Timaeus) : إن « علم السكون هو علم وزن الثقيل والخفيف ، فإن الجسم يكون في حالة اتزان عندما تؤثر عليه قوتان متضادتان ، تماماً كما يحدث للميزان عندما يتساوى ثقلا كفتيه » .

ومن هنا جاءت تسميته أحياناً (بعلم الأثقال) ، وترجع فكرة مركز الثقل (وهو النقطة التي يمكن اعتبار وزن الجسم مركزاً عندها) للعالم الإغريقي أرخميدس (٢٨٧ـ٢١٢ق .م) وإليه يرجع الفضل في مبدأ العتلة أو الرافعة والثقل النوعي .

ومن المعروف تاريخياً أن العرب ورثوا عن اليونانيين مبادئ الميكانيك ، وأن كتب هيرون وفيلون وغيرهما وصفت العديد من الحيل والأواني الميكانيكية والآلات المتحركة .

وجاء المهندسون العرب فزادوا على ما ورثوه من اليونانيين ، وطوروه كثيراً ، وأدخلوا عليه تحسينات كبيرة تتناسب مع تطور علوم الرياضيات والفيزياء والكيمياء في عصرهم ، ومع تطور متطلبات العصر وحاجاته المدنية والعسكرية .

وكان من ذلك التطوير ما خلفه أولئك الأفذاذ من قوانين نظرية وتطبيقات عملية في علم السكون ، كان لها أكبر الأثر في تطور العلوم الهندسية المختلفة ، وإتاحة المجال أمام العلماء الأوروبيين لتطوير تلك الإبداعات ، وتحقيق الإنجازات العصرية التي أصبحت سمة القرن العشرين ، وأسهمت في تسخير الكون للإنسان ، وزيادة رفاهيته ، وتوفير معظم الخدمات الأساسية له .

تيارات رئيسية :

يمكن تمييز ثلاثة تيارات رئيسية في علم السكون العربي ؛ هي :

١ـ علم السكون النظري الذي يمثل تقليد أرخميدس والمسائل الميكانيكية ، ويضاف إليه المبدأ الدينامي لأرسطو وعلم الوزنة المقرون به .

٢ـ الهيدروستاتيكا وعلم الأوزان النوعية .

٣ـ علم الآليات البارعة (أي علم الحيل ، وهي الترجمة الحرفية لكلمة mechane اليونانية) الذي يتضمن أيضاً (علم رفع الماء) ، إضافة إلى علم صناعة (الآلات البسيطة) وتركيباتها المتنوعة .

ولدينا حالياً أكثر من ستين مؤلفاً في علم السكون تنسب إلى القرون الإسلامية الأولى التي ازدهر فيها البحث العلمي ، وأولاه الخلفاء عناية فائقة ، وهذه المؤلفات مكتوبة بالعربية وبعضها بالفارسية ، ومن بينها أعمال لا يرقى الشك إلى مؤلفيها ، كما توجد أخرى مغفلة من ذكر المؤلف ، ومنها ما وصل إلينا ضمن كتابات مؤلفين آخرين .

وأغلبية هذه الأعمال تدور حول (علم السكون التطبيقي) ، أي : ما كان يعرف عند المهندسين العرب بـ (علم الحيل) ، ومن أهم هذه

الكتب : (كتاب الحيل) لبني موسى الذين عاشوا في القرن التاسع الميلادي ، وكتاب (الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل) للمهندس الفذ الجزري ، وهذا الكتاب الأخير يعد أوسع كتاب ميكانيكي ظهر حتى العصور الحديثة ، وذروة الإنجاز العربي الإسلامي .

مسائل علم السكون :

ثمة مسائل رئيسية تتعلق بعلم السكون وتعد أمثلة واقعية عنه ، لكن يجب ملاحظة صعوبة الفصل بين علم السكون وعلم التحريك (الديناميكا) في التراث العلمي العربي ، وذلك لكون المهندسين العرب عمموا بعض مبادئ علم السكون وطبقوها على أجسام في حالة الحركة ، فتعليم العصور القديمة حول مسائل الحركة ـ الذي يرجع كلياً إلى التقليد الفلسفي ـ أعطي آنذاك منحى رياضياتياً ، وأعد ليوافق مضمون علم السكون الهندسي الذي يعزى إلى أرخميدس ، لذا يجب دراسة بعض مفاهيم الميكانيك ـ كالقوة والوزن ـ من جانبين مختلفين : أحدهما سكوني ، والآخر دينامي .

ومن أهم مسائل علم السكون :

١ـ الوزن ، الثقل :

يرجع تاريخ وقوف الإنسان على فكرة الوزن إلى عهد سحيق ، ربما إلى نحو (٤٥٠٠ قبل الميلاد) عندما بدأ الإنسان باستخدام ما يشبه الميزان ، ثم تطور استخدام الإنسان للأوزان عبر العصور ، وفكرة ميزان القبان تنسب إلى الرومان الذين أطلقوا عليه تسمية (القرسطون) ، وتقوم فكرته على أساس مبدأ الرافعة ؛ حيث تتكافأ قوة يسيرة مسلطة عند نهاية ذراع طويلة مع قوة كبيرة أو جسم ثقيل عند نهاية ذراع قصيرة ، وهو تطبيق مباشر لمبدأ الاتزان الساكن .

وقد طور المهندس العربي الخازني فكرة الموازين ، واخترع عدداً منها دلت على فهم عميق لهذا العلم ، وحس هندسي بارع ، واستطاع بوساطة موازينه حساب الثقل النوعي لعدد من العناصر بدقة فائقة .

وقد عالج المهندسون العرب مفهوم الوزن من ثلاث زوايا مختلفة ؛ هي :

أـ بالجمع بين مفهومي (الموضع الطبيعي) و(مركز الكون) بالمعنى الأرسطي لهذين المصطلحين .

ب ـ بوساطة المفاهيم الرئيسية لعلم السكون الهندسي بالمعنى الذي وضحه أرخميدس .

ج ـ بتطبيق نظرية أرسطو حول حركة الأجسام في وسط غير الهواء .

ويمكن هنا ذكر كتابي ثابت بن قرة (كتاب في قرسطون) ، والخازني (ميزان الحكمة) ؛ كأهم الأعمال الفذة التي تحدثت عن فكرة الوزن وتطبيقاته العملية .

ويعد الخازني أول من وضع ـ في تاريخ علم الميكانيك ـ الفرضية التي تقول : إن أثقال الأجسام تتغير تبعاً لبعدها عن مركز الأرض ، كما أن ابن قرة استخدم الطرق الرياضياتية القديمة لكي يدرس تباعاً توازن حملين على رافعة لا وزن لها ، وتوازن عدد معين من الأحمال ، وأخيراً توازن حمل دائم ، وتوصل في النهاية إلى تحديد مركز الثقل لمجموعة أوزان .

وتفنن المهندسون العرب في صناعة الموازين والمكاييل التي تستخدم لوزن الأدوية أو كيلها ، أو لوزن المعادن الثمينة والأحجار الكريمة ، فقد خصص الرازي القسم التاسع من كتابه (الحاوي) للأوزان والمكاييل الخاصة بالصيدلة ، ولثابت بن قرة كتاب في (أجناس ما توزن به الأدوية) ، واشتهرت مدينة حران كمركز لصنع الموازين الدقيقة ، بحيث كانت مضرب الأمثال في صحتها ودقتها .

٢ـ مركز الثقل :

ظهر مفهوم مركز الثقل للمرة الأولى في أعمال أرخميدس ، الذي أوضح أن مركز الثقل للجسم هو نقطة خاصة في داخله ، بحيث يبقى الجسم في حالة السكون ويحافظ على وضعه الأصلي إذا علّق في هذه النقطة ، وذلك لأن جميع المستويات التي تمر بهذه النقطة تقسم الجسم إلى أجزاء تتوازن فيما بينها .

وقد توصل أرخميدس إلى نتائج عدة طبقها المهندسون العرب ؛ ومنهم : القوهي وابن الهيثم والإسفزاري على أجسام ثلاثية الأبعاد ، وكذلك على أنظمة أجسام ثلاثية الأبعاد .

وقد صاغ القوهي وابن الهيثم عدة بديهيات ؛ منها :

أ ـ إذا ارتبط جسمان معاً بجسم ثالث مركز ثقله موجود على الخط المستقيم الذي يصل مركزي ثقلهما ، يكون مركز ثقل المجموعة المؤلفة من هذه الأجسام الثلاثة موجوداً على نفس الخط المستقيم .

ب ـ إذا كان جسمان مرتبطين معاً بحيث لا تتغير وضعية أي منهما بالنسبة إلى الآخر ، فإن الجمع الذي يؤلفان له مركز ثقل مشترك بينهما ، وهذا المركز تشكله نقطة وحيدة .

ج ـ إذا وازن جسم ثقيل جسماً ثقيلاً آخر ، فإن أي جسم آخر له الثقل نفسه للجسم الثاني يوازن الجسم الأول ، على ألا تبدل مواقع أي من مراكز ثقل الأجسام الثلاثة .

وتوصل الإسفزاري إلى نتائج متقدمة أهمها نظرية مركز الثقل لمنظومة من أجسام ثلاثية الأبعاد ، حيث تكون هذه الأجسام غير مرتبطة بصلابة فيما بينها ، ويحدد الخازني مركز الثقل لمجموعة أجسام متصلة بصلابة

فيما بينها متخذاً مثالاً لهذه المنظومة ميزاناً ذا كفتين (مؤلف من رافعة ميزان وكفتين وأوزان) .

٣ـ مبدأ الرافعة : توازن منظومة من أجسام عدة :

ارتكز علم السكون ـ بصفته علم الوزنة ـ على مبدأ الرافعة ، بدءاً من نشوئه في العصور القديمة ، واستمراراً مع الجهود التي بذلها العلماء العرب في هذا المجال ، وكان الأساس في نظرية الرافعة يختزل في هذه الحالة إلى مسألة توازن منظومة مكون من جسمين .

وقد أبدع كل من ثابت بن قرة والخازني في دراسة الروافع ووضع النماذج التطبيقية لها ، في كتابيهما المذكورين سابقاً ، ودرس الأول الروافع المزودة بأوزان متشاركة فيما بينها ، وغير متشاركة ، فيما انتقل الخازني من الأفكار النظرية إلى التطبيقات العملية ، فقد عرض الميزان كمنظومة أجسام وازنة (القضيب واللسان والكفات المحملة بأوزان) ، ثم درس شروط توازنها وثباتها ، مرتكزاً على نظرية مركز الثقل التي وضعها .

وقد أجرى الخازني دراسته على مراحل عدة ، ففي المرحلة الأولى درس قضيباً أسطوانياً وازناً معلقاً بحرية على محور ، وفي حالة توازن بشكل متوازٍ مع المحور الأفقي ، وميز الخازني ثلاثة أوضاع ممكنة للقضيب عند اختلال توازنه ، وذلك تبعاً لمرور محور الدوران فوق أو تحت أو في مركز ثقل القضيب .

وقد سمى هذه الأوضاع الثلاثة على التوالي : « محور الانقلاب » و« محور الالتزام » و« محور الاعتدال » ، وإذا استعملنا الاصطلاحات الحديثة فإن هذه الأوضاع الثلاثة تمثل على التوالي حالات : توازن قلق ، وثابت وكيفي .

لقد أبدع المهندسون العرب أيما إبداع في علم الميكانيك ، وتركوا بصمات واضحة في ميدانيه النظري والتطبيقي ، والأمل معقود بالجيل الحالي والأجيال المقبلة بأن تسير في الدرب الذي سلكه أجدادهم ، ويسايروا ركب الحضارة الحديثة ، بل يسبقوه خطوات عدة .

الجاذبية
في التراث العلمي العربي

يعتبرالفيزيائي الإنكليزي الشهير إسحاق نيوتن (١٧٢٧م) أبا الجاذبية الأرضية ، ومقنن قوانينها بالصيغة الفيزيائية المعروفة حالياً في جميع ميادين العلم ، والتي لها تطبيقات علمية واسعة .

ولا ريب في أن نيوتن لم يكتشف ويبدع هذا القانون بمحض المصادفة ، فلقد أثبتت الدراسات الموثقة في تاريخ العلوم أنه اعتمد على النظريات والأفكار العلمية للعلماء السابقين ، وادعى عدد كبير من مؤرخي العلوم أن نيوتن اعتمد على ما توصل إليه بعض العلماء في الدول الأوروبية من أمثال غاليو غاليلي (١٦٤٢م) ، ويوهان كبلر (١٦٣٠م) وغيرهما ، لكن هذه النظرة تعتبر قاصرة ومتحيزة من وجهة نظر المنهج العلمي في البحث والتمحيص والتدقيق في كل موضوع ، فلقد أثبت نَصَفة المؤرخين أن الفضل في اكتشاف الجاذبية الأرضية وطرح مفاهيمها وصياغة الأفكار والنظريات المتعلقة بها يعود إلى عدد من العلماء العرب ؛ منهم ابن سينا ، وفخر الدين الرازي (١٢٠٩م) ، وابن ملكا البغدادي (١١٥١م) ، وثابت بن قرة الحراني (٩٠١م) ، وغيرهم من العلماء الأفذاذ الذين طُمست آثارهم ونُسبت إنجازاتهم إلى غيرهم ، وسُرقت نظرياتهم العلمية من قبل أشخاص ادّعوا أنهم أصحابها .

قوانين نيوتن :

استند نيوتن في صياغته لقوانينه إلى ما توصل إليه كبلر من قوانين عن حركة كواكب المجموعة الشمسية ، وتوصل نيوتن إلى أن مضمون هذه القوانين هو دلالة على وجود قوة ما بين كوكب والشمس ، وأن هذه القوة تتناسب طردياً مع ناتج كتلتي الكوكب والشمس ، كما تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما ، وقد أطلق نيوتن على هذه القوة اسم قوة الجذب .

كما توصل نيوتن إلى أن هناك قوة جذب بين الأرض وأي جسم على سطحها أو واقع في مجال جذبها ، وقوة الجذب يمكن تعيينها من ناتج كتلة الأرض وكتلة هذا الجسم والمسافة بين هذا الجسم ومركز الأرض .

وكناتج لقوة الجذب هذه يكون لكل جسم على سطح الأرض وزناً ، كما أن أي جسم بعيد عن سطح الأرض يهوي بشكل حر اتجاهها بتسارع (عجلة) ثابت .

وإذا ما افترضنا أن الأرض كرة ساكنة تامة الكروية ، فإن القوة المؤثرة في جسم ما على مسافة ما من مركز الأرض تكون واحدة في كل مكان ، بمعنى أن قيمة تسارع الجاذبية تكون واحدة .

وصاغ نيوتن العلاقة التي تربط قوة الجذب المؤثرة بين الشمس وكواكب المجموعة الشمسية وكتلة كل منها والمسافة بينها ، وعمم هذه العلاقة لتشمل أي جسمين كتلتاهما (ك١ ، ك٢) ويفصل بينهما مسافة (ف) ، وينص قانون نيوتن العام للجاذبية على أن (القوة التي يجذب بها جسمان كتلتاهما (ك١ ، ك٢) كل منهما الآخر تتناسب طردياً مع ناتج الكتلتين ، وتتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما) أي : أن القوة (ق)

تمثل بالعلاقة الرياضياتية التالية :

ق = ثا (ك١ × ك٢) / ف٢ .

حيث ثا : ثابتة التناسب .

الجاذبية والتثاقلية :

تستخدم بعض المراجع العربية العلمية مصطلح (تثاقلية) بدلاً من (جاذبية) ، مقابل المصطلح الأجنبي(Gravity) ، وكذلك استخدام مصطلح (التثاقلية الأرضية) بدلاً من (الجاذبية الأرضية) مقابل (The Earth's Gravity) ، ومرجعهم في ذلك أن كلمة (Gravimetry) مشتقة من الكلمة اللاتينية (Gravis) التي تعني (Heary) أي : ثقيل ، وكلمة (Metry) وتعني (Measure) أي قياس ، أما كلمة جذب فهي (Attraction) ، وقوة الجذب (Foree of Attraction) ، وقد ورد تصريف كلمة (ثقل) في عدة مواضع في القرآن الكريم منها : ﴿ ٱثَّاقَلْتُمْ إِلَى ٱلْأَرْضِ ﴾ [التوبة : ٣٧] ، ووردت كلمة تثاقل في معاجم اللغة العربية بمعنى ثقل وتباطأ .

بين التنظير والتجريب :

كان الفيلسوف أرسطو أول من فسر سقوط الأجسام من الأعلى إلى الأسفل ، واعتبر ذلك « وحشة طبيعية » كامنة في الجسم نفسه ، ورأى أن الجسم المادي الصغير يجد مكانه الطبيعي حين يسقط في حضن أمه : كوكب الأرض ، أي : أن النظرة الأرسطية تقضي بأن الجسم الساقط يميل من تلقاء ذاته هو إلى الحركة نحو الأرض .

أما المنهج الذي اعتمده العلماء العرب في بحوثهم ودراساتهم ، فيقضي بعدم التسليم كلياً للبراهين الفلسفية التي يمكن اختبار صحتها تجريبياً .

وتنبه هؤلاء العلماء إلى أن التفسير العلمي لظواهر الطبيعة يكتسب دقته من مدى تعبيره عن الحقيقة العلمية الكامنة وراء سلوك هذه الظواهر، إما بوصفها تطابقاً للواقع الموضوعي ، وذلك بإطلاق لفظ الواقع على الأمور التي يمكن التحقق منها على نحو يقره الجميع ، أو باعتبارها تطابقاً لقضايا ذهنية ليس لها مسميات في عالم الواقع ، وبهذه الطريقة قلب العلماء العرب تصورات القدماء الفلسفية عقباً على رأس ، وقدموا ـ للمرة الأولى في تاريخ العلم ـ أساساً مقبولاً لتفسير السقوط الحر للأجسام تحت تأثير الجاذبية الأرضية ، الأمر الذي يعتبر بحق ثورة علمية رائدة .

طاقة الكمون :

كان العالم الفذ الهمداني أول من ربط ظاهرة الجاذبية بالأرض التي تجذب الأجسام الصغيرة في كل جهاتها ، وهذا الجذب إنما هو قوة طبيعية مركزة في الأرض ، تظهر آثارها في مجال فعال حول الأرض ، أشبه بذلك المجال الذي يتمتع به حجر المغناطيس ، ولولا هذه الخاصية لكانت كروية الأرض ودورانها سببين أساسيين في تطاير كل من على سطحها ، يقول الهمداني في كتابه [كتاب الجوهرتين العتيقتين المائعتين من الصفراء والبيضاء (الذهب والفضة)] : فمن كان تحتها (أي : تحت الأرض عند نصفها الأسفل) فهو في الثبات في قامته كمن فوقها ، ومسقطه وقدمه إلى سطحها الأسفل كمسقطه إلى سطحها الأعلى ، وكثبات قدمه عليه ، فهي بمنزلة حجر المغناطيس الذي تجذب قواه الحديد إلى كل جانب .

بهذا المفهوم الذي اتضح أعلاه يكون الهمداني أرسى أول حقيقة جزئية في فيزياء الجاذبية ؛ وهي ما يعرف بطاقة الموضع أو طاقة الكمون (potential energy) الناتجة أصلاً عن ارتفاع الأجسام عن الأرض ، وإن لم

يقل في النص صراحة إن الأجسام تجذب بعضها بعضاً ، وهو المعنى الأساسي الذي توصل نيوتن إلى تعميمه في قانون الجاذبية العام .

قوة الجذب :

تطرقت دراسات بعض العلماء العرب إلى قوى تسبب تجاذب الأجسام بعضها لبعض ، وفي هذا يقول الرازي في كتابه « المباحث الشرقية في علم الإلـهيات والطبيعيات » : إن انجذاب الجسم إلى مجاورة الأقرب أولى من انجذابه إلى مجاورة الأبعد .

ويوضح الدكتور جلال شوقي هذه الفكرة بقول : إننا نعلم اليوم أن قوة التجاذب بين كتلتين (ك١) و(ك٢) تفصلهما مسافة معينة (س) ، تتناسب مع (ك١× ك٢/ س٢) ، ومن هذه النسبة نستنتج أن قوة التجاذب تزداد بتقارب الجسمين ، وتقل بتباعدهما ، وهذا هو المعنى الذي أصابه الرازي .

قوة التثاقل :

أدرك العلماء العرب أن لكل جسم قوة « طبيعية » فيه ، هي القوة التي نسميها اليوم « قوة التثاقل » ، وهي القوة الناشئة عن جاذبية الأرض ، وتوصلوا إلى أن الجسم إذا ما أخرج عن موضعه الطبيعي ؛ فإنه يسعى بقوته الطبيعية إلى استعادة ذلك الموضع ، وهو يسلك في ذلك أقرب الطرق وهو الخط المستقيم .

ويتبين فهمهم لقوة التثاقل من نصوص كثيرة أوردوها في كتبهم ، نقل الدكتور شوقي بعضاً منها . ومن ذلك قول إخوان الصفا في رسائلهم المشهورة :

« وكل جسم في مكانه الخاص ليس بثقيل ولا خفيف ؛ لأن الثقل والخفة يعرضان لبعض الأجسام بسبب خروجهما عن أماكنها الخاصة بها

إلى مكان غريب (. . . .) ، وما كان متوجهاً نحو مركز العالم يسمى ثقيلاً ، وما كان متوجهاً نحو المحيط يسمى خفيفاً » .

وقولهم أيضاً : « أما الثقل والخفة في بعض الأجسام فهو من أجل أن الأجسام الكليات كل واحد له موضع مخصوص ، ويكون واقفاً فيه لا يخرج إلا بقسر قاسر ، وإذا خلى رجع إلى مكانه الخاص به ، فإن منعه مانع وقع التنازع بينهما ، فإن كان النزوع نحو مركز العالم يسمى ثقيلاً ، وإن كان نحو المحيط يسمى خفيفاً » .

ويشرح ذلك بشكل مفصل الشيخ الرئيس ابن سينا في كتابه « النجاة » فيقول : « ليس كل شيء من الأجسام الموجودة يتحرك أو يسكن بنفسه ، أو يتشكل أو يفعل شيئاً غير ذلك ، وليس ذلك كله عن جسم آخر أو قوة فائضة عن جسم ، فليس يصدر عنه شيء إلا وفيه قوة من هذه القوى المذكورة ، عنها يصدر ذلك ، وكل ما يصدر عنه من الأفعال ، وهذه القوى التي عززت في الأجسام على أقسام ثلاثة :

فمنها قوى سارية في الأجسام تحفظ عليها كمالاتها من أشكالها ومواضعها الطبيعية وأفاعيلها ، وإذا زالت عن مواضعها الطبيعية وأشكالها وأحوالها أعادتها إليها وثبتتها عليها ، مانعة من الحالة غير الملائمة إياها بلا معرفة وروية وقصد اختياري ، بل بتسخير ، وهذه القوى تسمى طبيعية ، وهي مبدأ بالذات لحركاتها بالذات ، وسكوناتها بالذات ، ولسائر كمالاتها التي لها بذاتها ، وليس شيء من الأجسام الطبيعية بخالٍ عن هذه القوة » .

الميل الطبيعي :

عبر العلماء العرب عن القوة التي تدفع بالجسم إلى الوصول إلى مكانه الطبيعي عندما يكون خارجاً عنه بمصطلح « الميل الطبيعي » ، فالميل

الطبيعي هنا يرد بمعنى القوة التي تؤدي إلى الحركة الطبيعية للجسم حتى يستعيد موضعه الطبيعي .

ويحمل هذا التعبير في ثناياه معنى القوة الطبيعية « قوة التثاقل أو قوة الجاذبية الأرضية » التي تؤثر على الجسم لتعيده إلى موضعه الطبيعي ، فالميل الطبيعي هنا بمعنى السعي إلى الطبيعي ، ووسيلته قوة الجاذبية الأرضية .

وفي هذا الصدد يقول الشيخ الرئيس ابن سينا في كتابه « الإشارات والتنبيهات » : « الجسم إذا وجد على حال غير واجبة من طباعه ، فحصوله عليها من الأمور الإمكانية ، ولعلل جاعلة ، ويقبل التبديل فيها من طباعه إلا لمانع ، وإذا كانت هذه هي الحال في الموضع والوضع أمكن الانتقال عنهما بحسب اعتبار الطبع ، فكان فيه ميل . . . » .

ويشير الإمام الرازي في كتابه « المباحث المشرقية » إلى الميل المسبب للحركة الطبيعية فيقول : « إن الثقل قوة محركة إلى أسفل ، وهي إما الطبيعة وهي صورة جوهرية ، أو الميل الذي هو السبب القريب (المباشر) للحركة ، وهو من مقولة الكيف . . . » .

كما أدرك العرب أن قوة التثاقل تزداد بكبر الجسم ، فالقوة الطبيعية في الجسم الأكبر تفوق القوة الطبيعية في الجسم الأصغر ، ومن المعروف حالياً أن تسارع الجاذبية الأرضية ذو مقدار ثابت في المكان الواحد ، وبالتالي فإن قوة التثاقل تزداد بازدياد كتلة الجسم ، وهذا المعنى توصل إليه ابن سينا .

التساقط الحر للأجسام :

تعرض العلماء العرب في دراساتهم إلى الحركة الحرة للأجسام ، أو ما يسمى بالسقوط الحر للأجسام ، وبحثوا في الطريق الذي تسلكه هذه

الأجسام أثناء سقوطها ، وتوصلوا إلى فتح جديد في ذلك حين قالوا : إن سرعة السقوط ـ في وسط خال من المعوقات ـ لا تتأثر إطلاقاً بكتلته ، كما عرفوا أن الجسم إذا أخرج عن حيزه الطبيعي فمن طبعه العودة إليه إذا لم يمنعه مانع ، ويتحرك الجسم في هذه الحالة تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية سالكاً أقصر طريق يصل به إلى موضعه الطبيعي ؛ ألا وهو الطريق المستقيم .

وتوصل هبة الله بن ملكا البغدادي في كتابه « المعتبر في الحكمة » إلى أن الجسم الساقط بشكل حر تزداد سرعته مع ازدياد مسافة السقوط ، وبالتالي تزداد كمية حركته ، حيث قال : « ويستدل على ذلك بالحجر المرمي من عالٍ من غير أن يكون عائداً عن صعود بحركة قسرية ، ولا فيه ميل قسري ، فإنك ترى أن مبدأ الغاية كلما كان أبعد كان آخر حركته أسرع ، وقوة ميله أشد وبذلك يشج ويسحق ، ولا يكون ذلك له إذا ألقي عن مسافة أقصر ، بل يبين التفاوت في ذلك بقدر طول المسافة التي يسلكها » .

كما توصل العلماء العرب إلى أنه لولا مقاومة الهواء لتساقطت الأجسام المختلفة بالسرعة نفسها ، مخالفين بذلك قول من سبقهم ، ويتضح من دراسات ابن ملكا البغدادي أنه حقق سبقاً في مجال السقوط الحر للأجسام على العالم الإيطالي غاليلي الذي ينسب إليه اكتشاف قوانين سقوط الأجسام تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية ، وذلك بحوالي خمسة قرون .

* * *

الأثقال والموازين
في التراث العلمي العربي

عني العلماء العرب بالعلوم التطبيقية عناية بالغة ، وأولوها اهتماماً خاصاً ، موافقاً مع اهتمامهم بالعلوم النظرية ، وإنجازاتهم الثرية فيها ، ويمكن رد أسباب النهضة العلمية إلى دعائم خمس تقوم عليها ؛ هي :

١ـ نفي الخرافات .

٢ـ سعة الاطلاع .

٣ـ الرحلات للبحث والتنقيب .

٤ـ التجارب .

٥ـ الموازنة .

فلقد بدأ العلماء العرب بمراجعة ما كتب عن العلوم التطبيقية في الحضارات الأخرى السابقة لهم والمتزامنة مع عصرهم ، وترجموا العديد من الكتب من الحضارات اليونانية والفارسية والرومانية والصينية والهندية ، ثم أعملوا فكرهم في هذه ، الترجمات فرفضوا ما خالف العقل والمنطق ، واستفادوا من النظريات والآراء المقنعة ، ثم عمدوا إلى المرحلة التطبيقية فزادوا على ما وصلهم أموراً كثيرةً ، وأغنوا التراث العلمي العالمي بكتب قيمة ووثائق مهمة ، وخلفوا إنجازات علمية في شتى الميادين التطبيقية شهدت بعلو كعبهم في هذه العلوم ، وأبرزت مدى

التطور والتقدم الذي وصلوا إليه ، ودلت ببراهين لا تقبل الشك أنهم فتحوا آفاقاً علمية جديدة للإنسانية أسهمت في رقيها ورفاهيتها .

ومن أهم العلوم التطبيقية التي برع فيها العلماء والمهندسون العرب : الفيزياء والميكانيك (الحيل) ، وتدل مؤلفاتهم التي وصلت إلينا في هذين العلمين عن فتوحات علمية فذة ، ونتائج علمية باهرة تمكنوا من تحقيقها ، ومهدت الطريق أمام علماء النهضة الأوروبية لمتابعة خطاهم ، وتحقيق الإنجازات العلمية الهائلة التي نراها ماثلة للعيان حالياً ، ويتفرع من هذين العلمين فروع عدة ؛ منها : ما يتعلق بالأثقال والموازين والثقل النوعي ، وهذا النوع أسهم في تطوير علمين تطبيقيين آخرين هما : الطب والكيمياء .

بدايات حضارية :

يعود تاريخ وقوف الإنسان على فكرة الميزان العادي ذي الكفتين والذراعين المتساويتين إلى عهد سحيق ، ربما إلى نحو (٤٥٠٠) سنة قبل الميلاد ، كذلك تم اكتشاف ميزان عادي ذي كفتين وأوزان قياسية في حفريات تل العمارنة بمصر ، ويرجع تاريخ هذه الآثار إلى نحو (٢٥٠٠) قبل الميلاد ، كما وردت صور الميزان في كتاب الموتى ، وظهرت أيضاً على جدران المقابر والمعابد في مصر القديمة .

أما فكرة ميزان القبان فيبدو أنها ظهرت أول ما ظهرت عند الرومان الذين أطلقوا عليه تسمية « القرسطون » ، وتقوم فكرة القبان على أساس مبدأ الرافعة ، حيث تتكافأ قوة يسيرة مسلطة عند نهاية ذراع طويلة ، مع قوة كبيرة أو جسم ثقيل عند نهاية ذراع قصيرة ، وهذا تطبيق مباشر لمبدأ التوازن الساكن (الاستاتيكي) ، ومن الواضح أن ميزان القبان يصلح بوجه خاص في تعيين الأثقال الكبيرة .

متابعات عربية :

وقد تابع العلماء العرب جهود سابقيهم وأضافوا إليها الكثير ، واستخدموا الموازين في الأعمال المختلفة التي تتطلبها العلوم التطبيقية آنذاك ، ولاسيما استخدامها في معرفة الثقل النوعي ، مستندين في ذلك إلى ما توصلوا إليه من إنجازات في المواد المستخدمة والمفاصل والسلاسل والنظريات الرياضية ، ويمكن إيضاح التطويرات العربية في ميدان الموازين وقياس الثقل النوعي على النحو الآتي :

١ـ جهود الرازي :

استطاع الرازي (٩٢٥م) تصميم ميزان خاص سماه (الميزان الطبيعي) ؛ وهو ميزان ذو كفتين على الهيئة الطبيعية ؛ ـ كفتاه خارجتان عن الماء ، وكلتاهما مملوءتان مترعتان ، ونقصان الماء من كل كفة منهما بقدر حجم الجسم المغمور الذي فيها .

٢ـ جهود البيروني :

صمم البيروني (١٠٥١م) ميزاناً على شكل آلة مخروطة ، واسعة القاعدة ، ضيقة الفم بعد عنق ممتد بذلك الضيق من البدن إلى الفم ، وثبت في أوسط هذا العنق بالقرب من أسفله ثقباً صغيراً مدوراً ، لحم عليه بقدره أنبوباً منكوساً ، رأسه إلى جهة الأرض ، وتحت هذا الرأس حلقة لوضع كفة الميزان عليها أثناء العمل ، وتعد هذه الآلة أقدم جهاز لقياس الثقل النوعي بدقة .

وتتلخص طريقة البيروني في وزن المادة المطلوب تعيين ثقلها النوعي ، وذلك قبل إدخالها في الآلة المخروطة ـ التي تكون ملئت بالماء حتى مصبها ـ فتريح المادة المولجة قدراً من الماء مساوياً لحجمها ، حيث

يفيض هذا الحجم المكافئ من الماء ، ويخرج من المصب ، حيث يجمع في كفة ميزان لإيجاد وزنه ، ويجري حساب الثقل النوعي بتحديد النسبة بين وزن المادة المختبرة ، ووزن كمية الماء المزاحة نتيجة إدخال المادة المختبرة في الآلة المخروطة .

أي أن الثقل النوعي = وزن الجسم في الهواء/ وزن مقدار حجمه من الماء

٣ـ جهود الخيام :

ابتكر عمر بن إبراهيم الخيام (١١٢٣م) ميزاناً سمي (القسطاس المستقيم) ؛ وهو ميزان وصفه الخازني بأنه « ميزان ذو ثلاث رمانات ، يوزن به من حبة إلى ألف دينار أو ألف درهم » وله عمود وعارضة ولسان وكفة واحدة ، وكبرى الرمانات الثلاث للمئات ، ووسطاها للعشرات والآحاد معاً ، وصغراها للكسور .

٤ـ جهود الخازني :

كانت لعبد الرحمن الخازني (١١٢١م) جهود كبيرة في مجال الموازين والأثقال ، وقد صنف كتاباً قيماً في ذلك سماه « ميزان الحكمة » تحدث فيه عن أنواع عديدة من الموازين ، كما وصف الخاصة الشعرية ، وأورد الثقل النوعي لعدد من المواد بدقة كبيرة .

وإضافة إلى هذه الجهود ؛ فقد كانت هناك ابتكارات هندسية فذة في مجال الموازين والأثقال ؛ منها : الكتاب الذي صنفه المهندس البارع والفيلسوف العالم قسطا بن لوقا عن الأوزان والمكاييل ـ والكتب الثلاثة التي وضعها المهندس والرياضي ثابت بن قرة ، أحدهما في (صفة استواء الوزن واختلافه وشرائط ذلك) ، والثاني عن (القرسطون) أي

القبان ، والثالث عن الأثقال ، كما صنف الإخوة المهندسون أبناء موسى كتاباً في (القرسطون) .

واشتهرت مدينة حرّان الواقعة شمال غربي سورية بكونها مركزاً لصنع الموازين الدقيقة ، بحيث كانت مضرب الأمثال في صحتها ودقتها .

بين الوزن والثقل :

ميز المهندسون العرب الأقدمون بين وزن الجسم وثقله ، واعتبروا وزن الجسم ثابتاً ويمكن قياسه بواسطة (الوزنة) ، وكانوا يقرنون وزن الجسم بالضغط الذي يحدثه حمل على الميزان خلال (الوزنة) ، أما الثقل فكانوا يعتبرونه كمية متغيرة تبعاً لموقع الجسم بالنسبة إلى نقطة خاصة يمكن أن تكون إما مركز الكون ، أو محور الدوران لرافعة مثلاً .

ثم قرن هؤلاء العلماء المهندسون مفهوم الثقل مع مفهوم القوة ، وحددوا هذا الارتباط حسب ما عبر عنه الخازني (متبعاً في ذلك كلاً من ابن الهيثم والقوهي) بما معناه : « إن جسماً ذا وزن هو جسم يتحرك باتجاه مركز الكون تحت تأثير القوة الموجودة في هذا الجسم ، وهذه القوة تحرك الجسم فقط نحو مركز الكون ، وليس في أي جهة أخرى ، وهي من الخواص الداخلية لهذا الجسم لا تتركه ما لم تبلغ مركز الكون هذا » .

والأمر المهم في هذا النص هو أن الجسم ينجز حركة « طبيعية » نحو « مكانه الطبيعي » الذي هو « مركز الكون » ، وقد اعُتمد مفهوم القوة « كميل » أي كنوع من القدرة للجسم على إنجاز عمل ما .

وبعد ذلك صاغ الخازني العلاقة بين هذه « القوة » والخصائص الفيزيائية للجسم الثقيل ، كالثقل النوعي (الكثافة) والحجم والشكل كما يلي :

١ـ بإمكان الأجسام الثقيلة أن يكون لها قوى مختلفة وذات الكثافة الأعظم يكون لها القوة الأعظم .

٢ـ الأجسام التي لها قوة أدنى لها كثافة أدنى .

٣ـ إذا كانت الكثافة أعظم تكون القوة أعظم .

٤ـ الأجسام التي لها القوة نفسها لها الكثافة نفسها .

٥ـ الأجسام ذات الأحجام عينها والوزن عينه والمتطابقة شكلاً ، لها القوة نفسها .

ومن هنا يمكن القول : إن الخازني هو أول من وضع في تاريخ علم الميكانيك الفرضية التي تقول : إن أثقال الأجسام تتغير تبعاً لبعدها من مركز الأرض .

موازين هيدروستاتيكية :

قسم الخازني في كتابه « ميزان الحكمة » جميع أنواع الموازين إلى مجموعتين ؛ هما :

١ـ الموازين المتساوية الذراعين :

تتألف هذه الموازين غالباً من قضيب وكفات ، بحيث يوضع وزن في كفة ويتم وزنه بواسطة أثقال توضع في إحدى الكفات أو في اثنتين منها ، ويقترح الخازني لهذا الطراز من الموازين سلسلة أثقال موازنة تسمح بتحديد وزن أقصى بواسطة أقل عدد ممكن من الأثقال ، والجانب المهم هو أن كتل الأثقال تم اختيارها من بين أسس ـ قيمتها اثنان أو ثلاثة ـ أي أنها مساوية لـ ١ ، ٢ ، $٢^{٢}$ ، $٣^{٣}$ ، ٣ ، $٣^{٢}$ . . . وحدات وزن . والخازني يعطي في هذه السلسلة حلاً لمسألة (الوزنة) حيث عرفت

أوروبة في القرون الوسطى أنه ينبغي البحث عن مصادر هذا الحل في الرياضيات العربية .

٢ـ الموازين غير المتساوية الذراعين :

قسمها الخازني إلى نوعين ؛ هما :

أـ القرسطون : وهو ميزان مزود بكفتين أو بكلاليب لتعليق الأوزان .

ب ـ القبان : وهو ميزان مزود بكفة وبثقل موازن متحرك على طول الذراع المقابلة للكفة .

ومن موازين (القرسطون) الموازين الهيدروستاتيكية التي يقسمها الخازني إلى ثلاثة أنواع ؛ هي :

النوع الأول : هو ميزان اعتيادي بسيط ذو ذراعين متساويتين وكفتين .

النوع الثاني : يملك ثلاث كفات ، اثنتين منهما معلقتين واحدة تحت الأخرى لكي يتسنى الوزن في الماء .

النوع الثالث : يملك خمس كفات ، ثلاث منها مربوطة بشكل ثابت إلى طرفي قضيب الميزان وفق الطريقة نفسها في الميزان السابق ، واثنتين متحركتين على طول القضيب لتأمين توازنه .

وقد خصص الخازني مساحة كبيرة من كتابه للموازين الهيدروستاتيكية ، المخصصة لوزن عينات معادن ومواد معدنية في الهواء أو في الماء ، وذلك بهدف تحديد ثقلها النوعي وتركيب السبائك .

إن التحسين الذي طرأ على الميزان الهيدروستاتيكي عائد إلى ظهور كفة ثالثة مخصصة لوزن العينات في الماء ، ويعتبر هذا الميزان الميزان الأكمل من بين الموازين التي كانت معروفة في القرنين الثاني عشر والثالث عشر الميلاديين .

إن أهمية ميزان الحكمة الذي صممه الخازني واستخدم فيه عصارة علمه وتجاربه وخبرته تعود إلى الاستعمالات العديدة التي يمكن تحقيقها بواسطته ، فعندما يكون مزوداً فقط بكفتين وبثقل موازن متحرك على الجزء الأيسر من القضيب يمكن استخدامه كقرسطون أو كقبان ، وكذلك كميزان لتبديل (الدراهم إلى دنانير) أو كقسطاس مستقيم دقيق جداً ، وهو بذلك يعتبر آلة محكمة الدقة تملك مجموعة من الاستعمالات واسعة الشمول .

لقد تفنن المهندسون العرب في صنع الموازين المختلفة ، وأجادوا في تصميمها أيما إجادة وتركوا بصماتهم التي ما زالت حتى الآن شاهدة على حضورهم الفكري وتميزهم العلمي .

ولقد بلغت هذه الموازين درجة عالية من الدقة ، وثبت في بعض الأبحاث الحديثة أن فرق الخطأ في وزن بعض مواد تجاربهم كان أقل من أربعة من ألف جزء من الغرام ، فقد وزن فلندر (بتري) ثلاث قطع من نقد عربي ، فوجد أن الفرق بين أوزانها جزء من ثلاثة آلاف جزء من الغرام ، فقال : إنه لا يمكن الوصول إلى هذه الدقة في الوزن إلا باستعمال أدق الموازين الكيميائية ، وبتكرار الوزن مراراً حتى لا يبقى فرق ظاهر في رجحان إحدى كفتي الميزان على الأخرى .

* * *

المضخات... إنجاز عربي فذ

ينقسم المثقفون العرب في نظرتهم إلى التراث العلمي العربي إلى فئتين : إحداهما تنظر بمنظار متشائم ، حيث لا ترى في ذلك التراث إلا تاريخاً مضى وانمحى وبقي في سجلات التاريخ ، ويجب أن ننظر إلى عالمنا اليوم ونتابع التطورات والأحداث التقانية الهائلة ، ونعتبر إنجازات الأقدمين أمراً خاصاً بزمانهم وأحوالهم ، لا ينسحب على التطور الحاصل حالياً .

والفئة الأخرى ترى ضرورة النظر إلى التراث العلمي نظرة علمية واقعية ، عميقة الأثر ، والتفكير ، محاولة الاستفادة من الإنجازات التي حققها العلماء العرب في ربط الحضارة العربية بسلسلة الحضارات العالمية ، وإعطاء تلك الحضارة دورها الذي تستحقه ، والمكانة التي تلائمها .

ولا تكتفي هذه الفئة بذلك ، بل تحاول لفت أنظار العرب اليوم إلى الإنجازات الفذة التي حققها أجدادهم ، وبالتالي حفزهم إلى العمل والجد وبذل الجهد في سبيل تحقيق إنجازات علمية حديثة شبيهة بالتي حققها العلماء العرب في وقت كانت فيه بلادهم قبلة الأمم والشعوب الأخرى ، ومقصدهم للنهل من علمهم الغزير والتلمذة على معارفهم الشاملة .

علوم مرتبطة بالحياة :

والدارس للحضارة العربية يرى أنها تميزت بخصائص مدهشة ؛ من أهمها : ارتباطها بالواقع العملي الحياتي ارتباطاً وثيقاً ، فالدراسات العلمية والإنجازات العملية لم تكن مجرد دراسات نظرية أو أفكار خيالية أو نظريات حالمة ، بل كانت أموراً محسوسة ، تنطلق من واقع التجربة المعاشة وتلقى التطبيق الواسع في المجالات المختلفة .

لقد كان العلم العربي منذ البداية جزءاً من الممارسة الاجتماعية اليومية في مختلف مستويات المجتمع العربي ، ولعل هذه الخاصة هي أحد أسباب نمو هذا العلم وارتقائه ، فالنشاط العلمي لم يظهر فقط في دار الخلافة وبلاط الأمراء ، ولم ينحصر في حدود بيوت الحكمة ، والمراصد والمستشفيات والمدارس ، بل كان موجوداً في الديوان وفي المسجد فهو في الديوان حساب وجبر ، وفي المسجد فلك وتوقيت وعلم فرائض ، وكان في الحياة العملية أيضاً على أطراف الأنهار وفي المباني والمنشآت والآلات المستعملة في الصناعة والزراعة والري والطب .

وكان تسمية « المهندس » تطلق على أولئك المشتغلين بالعلوم التطبيقية العملية ، الذين درسوا وحَسَبوا وفكروا ، ثم أبدعوا إنجازات علمية رآها الناس واقعاً عملياً في حياتهم .

مضخة الجزري :

أصبحت المضخات حالياً عنصراً ميكانيكياً شائع الاستعمال ، ومن المعروف أن المضخات تستخدم لنقل السوائل والغازات في الأنابيب ، وتعمل على توليد قوة سحب من جانب ينجم عنه سحب السائل أو الغاز إلى المضخة ، ثم تقوم المضخة بعد ذلك بضغطهما لنقلهما إلى أمكنة بعيدة .

ويسجل تاريخ العلوم إنجاز المضخة الأولى لعالم عربي فذ يدعى بديع الزمان الجزري ، وقد ورد ذلك في كتابه « الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل » الذي ألفه عام ١٢٠٦م .

واعتبر المؤرخون آلة الجزري « المضخة » الأصل الذي تطور عنه المحرك البخاري ، والذي كان له دور كبير في الثورة الصناعية الحديثة .

والمضخة التي أبدعها الجزري كانت آلة تدار بقوة الريح أو بوساطة حيوان يدور بحركة دائرية ، وكان الهدف منها أن ترفع المياه من الآبار العميقة إلى سطح الأرض ، كما كانت تستعمل في رفع المياه من منسوب النهر إذا كان منخفضاً إلى الأمكنة العالية .

وورد أنها ترفع المياه إلى نحو عشرة أمتار ، وهذا إنجاز فذ في تلك الحقبة ، ونقلة حضارية كبيرة استفاد منها الفلاحون في ري أراضيهم .

وتوضع المضخة فوق سطح الماء مباشرة بحيث يكون عمود السحب مغموراً فيه ، وهي تتكون من أسطوانتين متقابلتين ، في كل منهما ذراع مرتبطة بمكبس ، وعندما تكون إحدى الأسطوانتين في حالة انضغاط تكون الأخرى في حالة سحب .

ولتأمين هذه الحركة يوجد قرص دائري مسنن ثبت فيه كل من الذراعين بعيداً عن المركز ، ويدار هذا القرص بوساطة تروس متصلة بعمود الحركة المركزي ، وهناك ثلاثة صمامات على كل مضخة تسمح باتجاه المياه من أسفل إلى أعلى ولا تسمح بعودتها في الطريق العكسي .

ابن معروف على خُطى الجزري :

بعد أن قدم الجزري وصفاً لمضخته ، جاء العالم المهندس تقي الدين محمد بن معروف (ت ١٥٨٥م) فألف كتابه « الطرق السنية في الآلات

الروحانية » الذي وصف فيه مضخة الجزري وصفاً دقيقاً ، ورسمها رسماً محكماً مزيلاً للغموض الذي اكتنف آلة الجزري .

وتميز أسلوب وصف ابن معروف بأنه اقترب من مفهوم الرسم الهندسي الحديث ذي المساقط ، ولكن بما أن أسلوبه لا يزال مع ذلك محافظاً على الطريقة التقليدية في محاولة توضيح كل شيء بالآلة في رسم واحد ، فهو يجمع في الشكل الواحد بين مفهوم المساقط وبين الرسم المنظور ، لذا فإن أسلوبه بحاجة إلى دراسة دقيقة لتكون النتائج صحيحة .

ومن الإنجازات التي أبدعها ابن معروف « المضخة الحلزونية » وتنسب إلى أرخميدس أحياناً ، ويعتقد أنه أول من أبدعها ووصفها وصفاً دقيقاً مسهباً ، وتشير المصادر الأوروبية إلى رسم للمضخة الحلزونية في مخطوطة غربية منسوبة إلى « كيسر » يعود عهدها إلى عام ١٤٠٥م ، وتدور المضخة التي وصفها « كيسر » باليد بوساطة ذراع ذات مرفق من أعلاها .

أما المضخة الحلزونية التي وصفها ابن معروف فتدور بوساطة دولاب مائي عن طريق زوج من المسننات المتعامدة ، وربما كان وصف ابن معروف لهذه المضخة ذا أهمية خاصة في الهندسة المكيانيكية ، وإذا صح ما أورده نيدهام ؛ فإن أقدم وصف في الغرب لهذا النوع من المنشآت يعود إلى كاردان عام ١٥٥٠م وإلى راميلّي عام ١٥٨٨م ، أي أن ابن معروف كان من أوائل المهندسين الذين وصفوا هذا النوع من المضخات ، إن لم يكن أولهم .

وتدل المراجع الحديثة في تاريخ التقانة على أن استخدام المضخة الحلزونية ازدهر في أوروبة بعد هذه الفترة ، وبخاصة في أعمال صرف

المياه ، وأصبحت المضخات الحلزونية تستعمل بكثرة في القرنين السابع عشر والثامن عشر ، حيث كانت تدار بدواليب الهواء .

ومن المضخات التي أوردها ابن معروف في كتابه (مضخة الحبل ذي أكر القماش) التي تستعمل في الأعماق الكبيرة التي قد تصل إلى ٧٢ متراً .

المضخة ذات الأسطوانات الست :

ومن أهم ما أورده ابن معروف وصف رائع مع رسم واضح لمضخة ذات ست أسطوانات ، وتعتبر هذه المضخة من روائع إنجازات المهندس ابن معروف ، وتأتي أهميتها كما قال الدكتور أحمد يوسف الحسن من الأمور التالية :

١ـ استخدام كتلة الأسطوانات (cylinder block) لست أسطوانات على خط واحد لأول مرة ، وهو مفهوم حديث ومتقدم بالنسبة لعصره .

ويمكن القول : إن هذه المضخة هي أساس المحرك الحديث ذي الأسطوانات الست الممتدة على صف واحد ، والمخروطة في قطعة واحدة .

٢ـ استخدام عمود الكامات (Cam - shaft) بستة نتوءات موزعة بانتظام على محيط الدائرة ، بحيث تعمل الأسطوانات على التوالي ، ويستمر تدفق الماء بصورة منتظمة ، وهذا المفهوم المتقدم للتتابع وتجنب الدفق أو التقطع (بالإضافة إلى مفهوم التوازن الديناميكي الحديث) هو الذي أدى إلى صنع المحركات والضواغط الحديثة المتعددة الأسطوانات .

٣ـ على الرغم من أن فكرة عودة الأسطوانة إلى السقوط بتأثير ثقلها قديمة منذ عهد هيرون ، فإن مكبس الهواء الذي وصفه هيرون كان نظرياً ، أما في تصميم ابن معروف فنجده يضع ثقلاً من الرصاص على

رأس قضيب كل مكبس يزيد وزنه على وزن عمود الماء الموجود داخل الأنبوب الصاعد إلى الأعلى ، وهذا تنفيذ عملي واضح ، عمل له مورلاند عام ١٦٧٥م تصميماً شبيهاً في المضخة التي صممها ، حيث وضع أقراصاً من الرصاص حتى لا يعود المكبس إلى الهبوط ويدفع الماء بتأثير ثقل الرصاص إلى العلو المطلوب .

لقد أسهمت الإنجازات العلمية العربية في تسريع خُطا الثورة الصناعة والتطور التقاني الهائل ، وكان لأولئك المهندسين الأفذاذ باع طويل في الابتكار والإبداع سجله لهم التاريخ وأقرّ به نَصفَة المؤرخين .

* * *

الهندسة المائية
في التراث العلمي العربي

تؤدي المياه دوراً حيوياً في حياة الأمم والشعوب ، وتعد عاملاً أساسياً من عوامل نهضتها وتطورها ونموها ، بسبب اعتماد جميع مناحي الحياة على المياه ، وتزايد استخدامها لتحقيق رفاهية الإنسان وتأمين متطلباته .

وقد أدرك العرب الأولون أهمية المياه ، فكانوا ينشؤون المدن والقرى في الأمكنة ذات المياه الوفيرة ، ويهاجرون من منطقة إلى أخرى في حال فقد المياه أو شحها ، كما كانت زراعتهم ورعيهم وتجارتهم مرتبطة ارتباطاً قوياً بأمكنة وجود المياه (من أنهار وبحيرات وعيون وأفلاج وينابيع) .

والناظر في تاريخ الحضارة العربية ـ ولاسيما في التراث العلمي ـ يجد أن هناك جهوداً كبيرةً بذلت لاستغلال المياه والاستفادة منها قدر الإمكان في الشرب والري والزراعة والرعي والصناعة ، ويرى أن المهندسين العرب الأوائل أبدعوا في مجال « الهندسة المائية » ، إبداعات شتى ما زالت آثارها ماثلة للعيان حتى الآن ، شاهدة على ذلك الفكر الخلاق الذي كان يتمتع به مهندسو تلك الفترة الزاهية من تاريخ أمتنا .

إنجازات تستحق التقدير :

تذكر الدراسات التاريخية أنه تم الكشف في منطقة « الربذة » في الجزيرة العربية على منشآت مائية متنوعة ؛ منها برك المياه الكبيرة التي

كانت تستخدم لحفظ مياه الأمطار والسيول ، كما وجد بها نظام دقيق لخزن المياه داخل المنازل السكنية في خزانات أرضية حفرت وبنيت بطريقة هندسية بارعة تحت مستوى أرضيات الغرف والساحات السكنية ، وفي الطائف بني إبان الدولة الأموية عدد كبير من السدود .

وفي عهد الدولة العباسية شيد مقياس النيل المشهور في الروضة ، كما توسع العرب في استعمال النواعير في حوضي دجلة والفرات ، وفي الشام ؛ حيث كانت نواعيرها مشهورة في جميع البلدان ، كما شيد المهندسون العرب عدداً من الخزانات في الأمكنة التي تفتقر إلى الأنهار ، ومن أقدم خزاناتهم الباقية حتى الآن خزان قرب مدينة القيروان بتونس ، وآخر قرب مراكش .

ومن بين المهندسين العرب في مجال الري اشتهر الحسن بن الهيثم الذي كان وراء فكرة تنظيم الاستفادة من النيل بخزان أو سد ، لكنه أحجم عن ذلك ، كما أقيمت في بغداد قناة تستمد مياهها من أحد روافد الفرات ، وتوالت بعد ذلك إقامة القنوات في تلك المدينة ، وكانت الموصل تشكو من قلة المياه فسعى أحد أمرائها إلى شق نهر إلى داخلها وتم إكماله على يد « خالد بن تليد » .

واستخدمت أساليب أخرى أكثر تركيباً من الناحية الإنشائية في توصيل المياه من مصادرها البعيدة المنخفضة عن مستوى موضع المدينة أو المرتفعة عنها ، كإنشاء القناطر التي يعلوها مجرى لنقل المياه ، حيث يرفع إليها بواسطة السواقي من المكان المنخفض ، ومن أمثلة ذلك قناطر « ابن طولون » التي ما زالت بقاياها وقطاعات منها واضحة في شرق « قرافة » الإمام الشافعي في القاهرة .

الجزري وابن معروف :

وفي القرن الثاني عشر ظهر الخبير بميكانيك السواقي قصير بن أبي القاسم المعروف « بقصير الحنفي » الذي اشتهر بإقامة الطواحين المائية والنواعير على نهر العاصي .

وفي نفس الفترة عرض بديع الزمان أبو العز الجزري خمسة نماذج لرافعات المياه في كتابه « الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل » الذي كان من قبيل الإمتاع أكثر من أن يحتوي على تدابير هندسية قابلة للتطبيق في حقل الري .

وفي القرن الثالث عشر وصف القزويني في جغرافيته عدداً من السواقي ، وأورد خبر الطاحونة ، وفي القرن السادس عشر ظهر تقي الدين محمد بن معروف الدمشقي الذي أورد في مؤلفاته الكثيرة وصفاً على قدر كبير من الدقة لأنواع عديدة من آلات رفع الماء ، كما أورد وصفاً لنماذج لم يسبق لأحد أن أورد مثلها ، وذلك في كتابه « الطرق السنية في الآلات الروحانية » .

وقد أورد ابن معروف في كتابه وصفاً لعدة مضخات ؛ منها : المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين ، والمضخة الحلزونية ، ومضخة الحبل ذي أكر القماش ، والمضخة ذات الأسطوانات الست ، وهذه الأخيرة تعتبر من أهم الآلات التي ابتكرها المهندسون العرب وأدت دوراً مهماً في تطور الهندسة الميكانيكية والمائية .

قنوات المياه :

يرى الناظر في الحضارة العربية والفكر العلمي الهندسي لأبنائها أن المهندسين العرب والمسلمين أنشؤوا قنوات ري متميزة ؛ كانت تمثل

إنجازاً فذاً في وقت لم تتوافر فيه المقومات الأساسية للحفر والقياس والدقة .

وكان حفر القنوات يتم في مناطق مختلفة (صخرية ـ صحراوية ، . . . إلخ) مما يعتبر من الأعمال الهندسية المنقطعة النظير في وقت لم تتوافر فيه آلات المساحة لضبط الميل بدقة ولا معدات الحفر الميكانيكية .

وقد استطاع أولئك المهندسون ـ على الرغم من الإمكانيات البسيطة ـ تغيير هيدرولوجية المنطقة ، وتفريق ما جمعته الطبيعة بحيث أمكن توزيع كل قطرة من الماء في اتجاهها الصحيح دون هدر .

تجربة أندلسية :

تدين العاصمة الإسبانية مدريد بفضل سقيها وريها ـ بل وحياتها كلها ـ إلى نظام مبتكر عرف المهندسون العرب والمسلمون كيف يتقدمون به تقدماً عظيماً جديراً بالإعجاب .

ذلك أن هؤلاء عرفوا ما يحويه باطن الأرض في مدريد من مياه وفيرة ، فحسبوا العمق الذي توجد عليه تلك المياه الجوفية ، ثم حفروا آباراً تصل إليها ، ووصلوا بينها فيما بعد بواسطة قنوات يراعى فيها أن تحفر في الطبقة الأرضية التي لا تمتص الماء ، وأن تكون منحدرة انحداراً خفيفاً يسمح بجريان الماء من دون توقف .

وكانت هذه القنوات تصنع من فخار مدريد الذي عرف العرب مميزاته ، كونه مصمتاً لا يتشرب السوائل ، وقوياً متماسكاً لامعاً ، وكان حفر الآبار يتم في مواضع مرتفعة عن مستوى المدينة وفي ضواحيها الخارجة عنها ، أما عن القنوات الجوفية فتتجه مقتربة من المدينة ، وهي تتألف من قناة ضخمة تعتبر « الأم » ، ومنها تتفرع في داخل المدينة شبكة معقدة من قنوات صغيرة فرعية .

وفي كل « عقدة » يتجمع عندها عدد من تلك الفروع يقام خزان أو مستودع يجتهد في حمايته ووقايته بالطوب والفخار ، وهذه الخزانات هي التي يتحكم منها المهندسون والخبراء في توزيع الماء توزيعاً عادلاً بين الأحياء والمنازل والحدائق ، وتبنى عليها صهاريج مقفلة بأبواب وقضبان من الحديد ، ولا يسمح بدخولها إلا « للقنواتي » الذي يوكل إليه الصهريج ويكون مسؤولاً عنه ويحتفظ بمفتاحه .

ويلاحظ أن الآبار الأولى التي حفرت لكي تمتد منها هذه الشبكة من المجاري الجوفية تقع شرق مدريد وشمالها ، وهذه المواضع تبعد عن وسط مدريد عند تأسيسها على أيدي المسلمين بما يتراوح بين ٧ و١٢ كيلو متراً ، أما الفرق بين سطح الأرض عند الآبار الأولى التي تولد فيها القنوات الجوفية وسطحها في وسط المدينة ، فيتراوح بين ٨٠ و١٠٠ متر ، تقطعها القنوات في انحدار متدرج يسمح بانصباب الماء .

واستخدمت في مراكز هذه الفكرة على يد مهندس أندلسي يدعى عبد الله بن يونس ، والواقع أن المتأمل في كتب الرحلات والجغرافية لم يكن يتمالكه الدهشة والاستغراب إزاء ما يصفون به هذه المدينة من التمدن والعمران واتساع الزروع وكثرة الماء والشجر والثمر ، إذ إنها مدينة لا تقع على نهر كبير ، ولا تكاد السماء تمطر فيها ، ومع ذلك فقد كانت أشبه بواحة خضراء في وسط صحراء مقفرة .

واستطاع الإدريسي أن يكشف لنا سر هذه المدينة المتمثل في الماء الذي عرف المهندس ابن يونس كيف يولده من باطن الأرض ، وما زالت هذه الشبكة الواسعة من القنوات الجوفية باقية في مراكش ، ويبلغ عددها نحو ٣٥٠ قناة ، يصل طول كل منها إلى نحو خمسة كيلو مترات .

وثيقة في الهندسة المائية :

تضم المكتبة العربية كقاعدة تبحث في التراث العلمي العربي ، بعضها نفض عنه الغبار ونشر من قبل مؤسسات علمية وباحثين ، وبعضها ما زال حبيس الرفوف والمكتبات ، وثمة جزء لا يزال مفقوداً .

ومن الكتب العلمية التي بحثت في الهندسة المائية كتاب « إنباط المياه الخفية » لأبي بكر محمد بن الحسن الكرجي ، وهو كتاب هندسي متخصص بدراسة أوضاع المياه الجوفية ومشروعاتها التي أقيمت من أجل الاستفادة منها ، وجرها إلى أماكن استهلاكها ، ومناقشة المشكلات المتعلقة بها .

وقد امتلك الكتاب ومؤلفه خصوصيات عدة ، فقد أضاء بعداً هندسياً وتكنولوجياً مهماً في القرن الخامس الهجري ، تلك الفترة الذهبية من عمر الحضارة العربية الإسلامية ، وبحث في الإجراءات الهندسية والإنشائية ، وجمع بين الهندسة والبرهان الرياضي ، كما وثق معارف وتقنيات هندسية اختزنتها وطورتها الذاكرة العلمية والعملية للحضارة العربية الإسلامية في مجال الاستفادة من المياه الجوفية وطرائق التعرف على مواضعها ، واختيار موقع القناة أو « البرابخ » ، والتسوية والعمليات المساحية التي تسبق الحفر ، والأجهزة والأدوات والتقنيات المستخدمة في تلك العمليات ، ثم الاحتمالات المتوقعة أثناء عمليات الحفر والإنشاء .

ودعم الكرجي مقترحاته وتعديلاته بالبراهين الرياضية وقدم تحليلات هندسية ووصفاً لتنفيذ منشآت هندسية ، وخرج من التصميم القديم القائل بإحاطة الماء للكرة الأرضية ، إلى مسألة أكثر دقة وفائدة ، فقط ربط بين الاختلاف التضاريسي على سطح الأرض وحركة المياه (وكذلك بين الأحواض المائية والتكوينات الجيولوجية) ، فذكر من هذه التكوينات

حواجز قائمة ومسطحة ومائلة ، وهذا الاختلاف يؤثر في شكل ظهور المياه الجوفية فوق سطح الأرض .

وشرح الكرجي آلية ظهور العيون والينابيع ، وأنواع المياه الجوفية ومناسيبها عن سطح الأرض وعرض للماء الساكن ، وربط بين الأحواض المائية والتكوينات الجيولوجية ، وربما تحصل له ذلك من خلال المعاينة المباشرة لباطن الأرض ، ومراقبته للحفريات ، كما وصف طبقة مائية جوفية تستند إلى طبقة من المواد غير النفوذة تسمى حسب التعبير المعاصر طبقة « الماء المعلقة » (perched water) وتعلو مستوى المياه الجوفية ؛ فهي في نطاق التهوية أو في النطاق غير المشبع .

وتضمن هذا الكتاب الذي يعد من أهم الوثائق العربية في مجال الهندسة المائية شرحاً ووصفاً وتحليلاً علمياً فذاً لعدد كبير من الظواهر والتقنيات التي لم يعرفها الفكر الهندسي المعاصر إلا في القرون الأخيرة .

إن دراسة أساليب رفع المياه عند المهندسين العرب ، وكذلك جر المياه واستخدام القنوات والخزانات والسدود المختلفة ، تدل دلالة قاطعة على منهم المهندسين العرب والمسلمين للظواهر الهيدروليكية المختلفة ، وإتقانهم المعارف الأساسية في الهندسة المائية التي أضحت فيما بعد علماً قائماً بذاته له أصوله وفنونه ومبادئه .

* * *

آلات رفع الماء
في التراث العلمي العربي

أسهم الفكر الهندسي العربي في الحياة العملية إسهاماً كبيراً ، وقدم إنجازات عديدة شملت معظم مجالات الحياة ، وأدت إلى تيسير أمورهم ، ومساعدتهم على إنجاز أشغالهم ، وتأمين متطلباتهم .

ومن الأمور التي سجل فيها المهندسون العرب إنجازات رائعة : علم ري المياه وجرها من مصادرها إلى مناطق الاستخدام ، سواء كانت للشرب أو الري أو الصناعة ، وكانوا يجهدون فكرهم لا ليلبوا متطلبات الناس الآنية والزمنية ، بل ذهبوا بفكرهم الهندسي إلى الفترات اللاحقة ، أي إلى المستقبل المنظور ، فكانوا يخترعون ويبدعون آلات تعين الناس إذا ما تطورت أعمالهم واتسعت أشغالهم وشملت نواحي جديدة لم تكن معروفة سابقاً .

وترك هذا الفكر الخلاق مجالاً ناصعاً من الابتكارات المدهشة اعترف بها معظم من درس تاريخ العلوم لدى شتى الحضارات ، وأقروا بذلك السبق العلمي العربي ، وأثره في الإبداعات التي سجلها العلماء الذين أتوا بعدهم وساروا على مسلكهم .

ويعد مجال رفع المياه أحد المجالات التي عمل فيها المهندسون العرب في وقت ازدهرت فيه الزراعة من جهة ، وتطلبت حاجة الناس وجود الماء الدائم لتأمين معيشتهم ومتطلبات حياتهم .

نظرة تاريخية :

إن أقدم آلة استخدمها الإنسان للري والتزود بالماء هي « الشادوف » ، فقد وجدت رسوم عنها في نقوش بلاد الأكاديين منذ ٢٥٠٠ سنة قبل ميلاد المسيح ، وفي مصر منذ نحو ٢٠٠٠ سنة قبل المسيح ، وقد ظل استخدامها شائعاً حتى أيامنا هذه ، وعلى امتداد العالم كله ، وهي تقدم كميات كبيرة من الماء عندما يتعلق الأمر بمسافة رفع قصيرة إلى حد ما ، وتتألف هذه الآلة من عصا خشبية طويلة ، معلقة على محور ارتكاز دوراني مثبت على عارضة مرتكزة على عمودين من خشب أو حجر أو آجر ، وفي طرف ذراع الرافعة القصيرة توجد ثقالة من حجر أو صلصال ، ويعلق الدلو في الطرف الآخر من العصا بواسطة حبل ، ينزل مستخدم الآلة الدلو في الماء بهدف تعبئته ، ثم يتم رفعه بفعل الثقالة ، وأخيراً يفرغ في قناة الري أو في الخزان .

ثم تم اختراع « الأسطوانة » في مصر إبان النصف الثاني من القرن الثالث قبل الميلاد ، وهي مؤلفة من قرصين خشبيين كبيرين مثبتين إلى محور خشبي يتضمن عدداً من القضبان الحديدية التي تتجاوز هذا المحور من الجانبين ، ثم تم اختراع الترس الدودي (حلزون الماء) على الأرجح على يد أرخميدس (٢٨٧ـ٢١٢ق .م) عندما كان يعيش في مصر ، ثم استخدمت النواعير عام ٢٠٠ق .م في سورية ، وشاع استخدامها في العالم الإسلامي ، حتى تم ابتكار المضخات ذوات الأسطوانات الرباعية والخماسية والسداسية على يد عدد من المهندسين العرب ؛ أبرزهم الجزري وابن معروف الدمشقي .

وتعتبر المضخة ذات الأسطوانات الست قمة آلات رفع المياه التي

توصل إليها الفكر الهندسي العربي ، ومهدت لتطور المضخات التي أصبحت جزءاً رئيسياً في شتى المصانع والمختبرات .

إنجازات عربية فذة :

أورد المهندسون العرب وصفاً وشرحاً ورسوماً للعديد من الآلات التي تستخدم لرفع المياه من الآبار أو الأنهار ، وجميعها من ابتكارهم وتطويرهم ، وأبرز كتابين أوردا هذه الآلات هما كتاب « الجامع بين العلم والعمل ، النافع في صناعة الحيل » لبديع الزمان إسماعيل بن الرزان الجزري (القرن ١٢م) ، وكتاب « الطرق السنية في الآلات الروحانية » للمهندس تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي (القرن ١٦م) .

وأهم الآلات التي أوردوها في الكتابين هي :

١ـ آلة ترفع الماء من غمرة إلى مكان مرتفع بداية تدير سهماً :

تعتمد طريقة عمل هذه الآلة على إدارة مغرفة (مغموس طرفها في الماء) لربع دورة ، حيث تفرغ محتواها من الماء الذي رفعته عند منسوب محور إدارتها .

ويتطلب ذلك استخدام عجلة ذات أسنان مشغلة حول ربع محيطها فحسب ، سعياً إلى إحداث حركة المغرفة من الوضع الرأسي إلى الوضع الأفقي .

ويجري نقل الحركة (وبالتالي القدرة) من المحور الأفقي إلى العمود (السهم) الذي تديره الدابة ، وذلك بواسطة زوج من العجلات المسننة ، وبانتهاء تعشيق المسننة الجزئية مع مسننة عمود المغرفة ، تهوي المغرفة وتنغمس في الماء استعداداً للدورة التالية ، ولعل هذه هي المرة الأولى التي يستعمل فيها مسنن جزئي (Segmentaf Gear) في الهندسة الميكانيكية .

٢ـ آلة ترفع الماء باستعمال زنجير ودلاء :

تعتمد عملية رفع الماء في هذه الآلة على الاستعانة بزنجير (جنزير) طويل موصول الطرفين يحمل دلاء ويمر على دولاب قفصي ، يحركه عمود مستعرض متصل بزوج من المسننات مع العمود الرأسي الذي تديره الدابة .

ويضم الجهاز عنفة بديلة لاستخدام الدابة المسخرة في الإدارة ، وذلك بتشغيل عنفة دفعية مبيتة في أسفل الآلة ـ حيث تدير العنفة العمود (السهم) الرأسي بواسطة زوج من المسننات ، تماماً كما هو الحال في الآلة السابقة ، وعلى ذلك تنتقل الحركة (وبالتالي القدرة) إلى العمود العلوي الأفقي الذي يدير دولاب الزنجير لتصعد الدلاء بالماء إلى مستوى العمود الأفقي .

٣ـ آلة إخراج الماء بالمغرفة المتأرجحة :

هي آلة لرفع الماء بواسطة مغرفة متأرجحة منغمسة في ماء البئر ، وذلك بواسطة وتد يتحرك داخل خرق (ثقب) مشغل بساق المغرفة ، يتحرك حركة دورانية حول العمود المستعرض الذي ينتهي طرفة الأيمن بدولاب مسنن رأسي ، يتعشق مع الدولاب المسنن الأفقي المركب على المحور (السهم) الرأسي الذي تديره الدابة ، وبإصعاد كفة المغرفة عن موازاة الأفق يسري الماء من الكفة إلى ذنب المغرفة متجهاً إلى الخارج جاهزاً للاستعمال ، وبخفض الكفة كنتيجة حتمية للحركة الدورانية للوتد داخل الخرق تعود المغرفة إلى الانغماس في ماء البئر لتبدأ دورة جديدة ، يذكر أن الوتد الذي يتحرك في خرق المغرفة يقوم بأداء عمل رائد يشبه سلوك المرفق (Crank) أو الحدبة (Cam) في الآليات المعاصرة .

٤ـ آلة سحب الماء في أسطوانتين متعاكستين :

يقصد من هذه الآلة تحويل الحركة الدورانية الناتجة عن دفع الماء لدولاب ذي أجنحة ، إلى حركة ترددية خطية يجري بها تشغيل مكبسين في أسطوانتين (زراقتين) متقابلتين أو متعاكستين ، وذلك بواسطة ذراع متأرجحة ذات خرق يتحرك فيه وتد منتصب مركب على دولاب مسنن ليدور بدورانه ، وتنتهي كل من الأسطوانتين بأنبوب سحب (مص) ، وأنبوب دفع (كبس) ينظم الحركة فيهما صمامان ردادان .

إن هذه الآلات الأربع المذكورة هي من إبداع المهندس الجزري الذي تنبَّه أيضاً إلى مشكلة التسرب (leakage) عبر المكبس (piston) فأبدع أول مانع للتسرب ، ويتمثل في خيط من القنب مشبع بالشحم على السطح الأسطواني لكل مكبس ، حتى يمنع التسرب دون زيادة معاوقة الحركة لوجود الشحم ، وبذلك يكون الجزري قد حاز قصب السبق في إدخال مانعات التسرب (seals) في الآلات .

كما أدرك الجزري أهمية حماية أسطح المعادن من تأثير الماء والعوامل البيئية ، وذلك بتغطيتها بأصباغ معجونة بالدهن ، ولقد عرفت عملية وقاية الأسطح الملامسة للماء بعملية الرصَّاصة أو البيَّاضة (Tinning)، وذلك عند استعمال كساء من الرصاص أو من القصدير على التوالي .

٥ـ المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين

(pump with opposed cylinders)

تعتبر هذه الآلة امتداداً لما ذكره الجزري في كتابه حول آلة بهذا الشكل ، وتتركب هذه المضخة التي أبدعها ابن معروف من دولاب مسنن مثبت وتد لا متمركز يتحرك في خرق (ثقب) بالعجلة المسننة ، محدثاً حركة تأرجحية لذراع متصلة في منتصف سهم الأسطوانتين المتعاكستين

لتحرك حركة خطية ترددية ، ويتلقى الدولاب المسنن حركة من مسنن مركب على عمود يديره دولاب ماء دفعي ذو كفات (scoop wheel) .

٦ـ المضخة الحلزونية screw:

(pumpيقدم ابن معروف في هذه الآلة أول وصف لمضخة حلزونية ورد في المراجع العربية ، وتدور هذه المضخة بواسطة دولاب مائي عن طريق زوج من المسننات المتعامدة ، وربما كان وصف تقي الدين لهذه المضخة الحلزونية التي يديرها دولاب مائي ذا أهمية خاصة في تاريخ الهندسة الميكانيكية ، وإذا صح ما أورده (نيدهام) فإن أقدم وصف في الغرب لهذا النوع من المنشآت يعود إلى (كاردان) عام ١٥٥٠م ، وإلى (راميللي) عام ١٥٨٨م ، أي إن تقي الدين كان من أوائل المهندسين الذين وصفوا هذه المنشأة المائية ، فقد انتهى من تحرير مخطوطته عام (١٥٥١ـ ١٥٥٢)م ، وقد ازدهر استخدام المضخات الحلزونية في أوروبة هكذا في القرنين السابع عشر والثامن عشر ؛ حيث كانت تدار بدواليب الهواء أيضاً .

٧ ـ مضخة الحبل ذي أكر القماش :

من المعلوم أن المضخات ذات المكبس لا تستطيع أن تمتص الماء إلا من أعماق قليلة يحددها الضغط الجوي ، لذا يتم اللجوء إلى الحبل أو الزنجير المتصل الحامل للدلاء ، أو إلى مضخة الحبل ذي أكر القماش التي ستمر معنا في هذه الفقرة ، وتمر أكر القماش بصورة محكمة داخل أنبوب عمودي ، وهذه الأكر مثبة بحبل أو زنجير على مسافات متساوية ، وعند مرور الأكرة داخل الأنبوب من الأسفل إلى الأعلى تقوم بوظيفة المضخة ذات المكبس ، وتمتص الماء وتدفعه أمامها ، وكانت هذه المضخة تستخدم للأعماق الكبيرة التي تصل حتى ٧٢ متراً .

٨ـ المضخة ذات الأسطوانات الست :

تعتبر هذه المضخة التي أبدعها ابن معروف الدمشقي من أهم الآلات التي ابتكرها المهندسون العرب ، وأدت دوراً مهماً في تطور الهندسة الميكانيكية بشكل عام ، وآلات رفع المياه وضخها إلى مسافات بعيدة بشكل خاص .

ومن المعلوم أن أهمية المضخات ازدادت بعد عام ١٥٠٠م ـ مما كان عليه الأمر في القرون الوسطى ـ ولم تخترع أنواع جديدة من المضخات ، ولكن تغييرات كبيرة في التصاميم حدثت في القرن السادس عشر في أوروبة ، وازدادت أهمية المضخة ذات المكبس ، وقد حدا هذا الأمر ببعض الباحثين بوصف ذلك العصر بعصر المضخات ، ويعتقد هؤلاء أن هذه النهضة الميكانيكية هي التي مهدت إلى اختراع المحرك البخاري على يد نيوكومن عام ١٧١٢م .

وقد تميز ابتكار ابن معروف هذا بالأمور التالية :

أ ـ استخدم كتلة الأسطوانات (Cypinder block) لست أسطوانات على خط واحد لأول مرة ، وهو مفهوم حديث ومتقدم بالنسبة إلى عصره ، ويمكن القول : إن هذه المضخة هي الجد المباشر للمحرك الحديث ذي الأسطوانات الست الممتدة على صف واحد والمخروطة في قطعة واحدة .

ب ـ استخدام عمود الكامات (Cam - shaft) بستة نتوءات موزعة بانتظام على محيط الدائرة ؛ بحيث تعمل الأسطوانات على التوالي ويستمر تدفق الماء بصورة منتظمة .

ويوصي ابن معروف أن لا يقل عدد الأسطوانات عن ثلاث ، وهذا المفهوم المتقدم للتتابع وتجنب الدفق أو التقطع (إضافة إلى مفهوم التوازن الديناميكي الحديث) هو الذي أدى إلى صنع المحركات والضواغط الحديثة المتعددة الأسطوانات .

ـ عمد ابن معروف إلى وضع ثقل من الرصاص على رأس قضيب كل مكبس يزيد وزنه على وزن عمود الماء الموجود داخل الأنبوب الصاعد إلى الأعلى ، وذلك ليعود المكبس إلى الهبوط ويدفع الماء بتأثير ثقل الرصاص إلى العلو المطلوب .

لقد أسهمت هذه الآلات الأربع الأخيرة التي أبدعها المهندس تقي الدين ابن معروف إضافة إلى إبداعات أقرانه من المهندسين العرب في تطور آلات رفع المياه من الآبار والمغارف ، واستخدامها في الري والشرب ، وكان لهذه الإنجازات الفذة فضل في تطور المضخات التي أخذت تنتشر وتجد تطبيقات واسعة في دنيا الصناعة ، كما أسهمت في تطور تطبيقات عدة في الهندسة الميكانيكية ؛ أهمها محرك الاحتراق الداخلي الذي نجده في جميع العربات ومعظم المنشآت والمختبرات .

ولعل هذه الإسهامات تدفع أبناء الأمة العربية اليوم للسير على الخُطا التي رسمها أجدادهم ، وتحفزهم إلى الإبداع والابتكار .

* * *

قنوات المياه
في التراث الهندسي العربي

منذ أن وجد الإنسان على ظهر الأرض وهو يحاول أن يسخر ما تحويه الطبيعة من خيرات وهبات لخدمته ، وتأمين معيشته ، وتحقيق الحماية له ، وتوفير متطلباته الأساسية من غذاء وماء وكساء ، وسعى الإنسان إلى بناء المساكن اللائقة ، وزرع النباتات المفيدة ، وتربية الحيوانات الأليفة والمفيدة في معيشته ، وكذلك قام بالاستفادة من المياه الموجودة في الطبيعة ليشرب منه ويروي زرعه ويسقي حيواناته ، وقد أعمل فكره في هذا الجانب واستفاد من الأنهار والينابيع ومياه الأمطار ، فأقام قنوات الري والسدود المختلفة في عدد من الأمكنة لتحقيق غاياته من هذه الهبة الطبيعية (الماء) التي لا يمكن العيش من دونها .

القنوات المائية :

تعتبر القناة الاصطناعية إحدى الوسائل الأكثر فعالية لإيصال الماء إلى مناطق لا تحوي أنهاراً دائمة ، والقناة عبارة عن مجرى أفقي تقريباً يقع داخل الأرض ، وفيه تسيل المياه من المناطق الغنية بها إلى الأمكنة المحتاجة إليها ، وقد نشأت هذه التقنية على الأرجح في أرمينيا أو في شمال إيران ، وتعود إلى القرن الثامن قبل الميلاد ، ثم انتشرت لاحقاً في عدة دول عربية ، وبقيت على هذا المنوال حتى العصر الحديث .

وتظهر إحصائيات حديثة أن نحو ٧٥ بالمئة من مجموع المياه المستخدمة في إيران حالياً ما زالت تصل بواسطة هذه القنوات الاصطناعية ، وأن مجموع أطوالها يتجاوز ١٥ ألف كيلو متر ، ولمدينة طهران وحدها ٣٦ قناة اصطناعية .

ويرى الناظر في الحضارة العربية والفكر العلمي الهندسي لأبنائها أن المهندسين العرب والمسلمين أنشؤوا قنوات ري متميزة كانت تمثل إنجازاً فذاً ، في وقت لم تتوافر فيه المقومات الأساسية للحفر والقياس والدقة .

ضبط الميل :

وفي دمشق هناك حي كبير ما زال يعرف باسم القنوات ، ترى فيه عدة قنوات من نهر بردى الذي تشتهر به المدينة ، وكان يرويها وما حولها وما زال حتى الآن ، وتبين للدارسين أن هناك فكراً هندسياً عربياً استغل كون بردى ينحدر انحداراً كبيراً من منبعه ، فحفر المهندسون قنوات ذات ميول أخف من ميل بردى واستطاعوا بذلك إيصال المياه بسهولة إلى مواقع أبعد بكثير مما يصل إليه بردى بميله الكبير .

وكان حفر القنوات يتم في مناطق مختلفة (صخرية ـ صحراوية . .) مما يعتبر من الأعمال الهندسية المنقطعة النظير ، في وقت لم تتوافر فيه آلات المساحة لضبط الميل بدقة ، ولا معدات الحفر الميكانيكية ، وقد استطاع أولئك المهندسون ـ على الرغم من الإمكانيات البسيطة ـ تغيير هيدرولوجية المنطقة ، وتفريق ما جمعته الطبيعة بحيث أمكن توزيع كل قطرة من الماء في اتجاهها الصحيح من دون هدر .

الأفلاج :

وعرفت القنوات في شبه الجزيرة العربية باسم الأفلاج ، ويمكن تعريف الفلج باختصار بأنه نظام ري موحد يوزع مصدر مياه عبر شبكة من

القنوات لأولئك الذين لهم حقوق قائمة فيه ، ولربما جرى الفلج عدة كيلو مترات في باطن الأرض ، وقد يظهر على سطحها كساقية عادية مكشوفة .

ويعود الفضل في تطوير الأفلاج ، وتحسين مهامها إلى الفكر الهندسي العربي الذي استغل كافة المياه ، وحولها عبر الأفلاج المختلفة لتصب في أراضي الناس فتروي زرعهم وتسقي حيواناتهم وتنمي عملهم ، وما زالت الأفلاج واضحة في عدد من البلاد العربية كعمان والإمارات ، وثمة شواهد قديمة لها في البحرين .

وتعرف القنوات في السعودية باسم العيون ، وتشير دراسة حديثة إلى أن المدينة المنورة وحدها كانت تضم نحو ٥١ عيناً ؛ منها نحو ٣٨ عيناً ما زالت فاعلة .

عمليات محكمة :

كان إنشاء القنوات واختيار الأمكنة المناسبة لعبورها ، وقياس تدفقات وجريانات الماء فيها يتم بدقة علمية عالية ، ولم يكن هذا الأمر ليحقق النجاح الذي حققه لولا تضافر عدة جهود ، منها : وجود « المقنّي » الذي يتولى بناء القنوات وتمديدها ، واختيار ما يناسب سطوحها لأغراض التكسية ، وكان هذا « المقني » بمثابة المهندس الإنشائي الذي يضع نقاط البدء والنهاية ، ويحدد معالم القناة وكيفية جريانها ومرورها عبر مناطق مرتفعة ، كما يقيس مستوى سطح الماء ، والميل الذي يجعل مرور المياه إلى مناطق بعيدة أمراً سهلاً وميسراً .

إن عملية تمديد القنوات الاصطناعية ؛ سواء أكانت مخصصة للأراضي المزروعة أم لتلبية احتياجات المدن من المياه العذبة ، تكون معروفة مسبقاً بمقدار معرفتنا بالمناطق التي يحتمل وجود الماء فيها ، وتتمثل إحدى المهام الرئيسية للمقني في تحديد المكان الذي يجب أن

تحفر فيه بئر التنقيب ، بواسطة فحص مختلف أنواع الطمي بهدف اكتشاف آثار لتسرب المياه وتحديد أدنى التغيرات في النبات المحيط .

وعندما يصل العمال إلى طبقة الأرض الكثيرة تترك البئر لعدة أيام ، وهي الفترة التي يقدر فيها المقني المردود الكامن للبئر ، بواسطة أخذ بعض الكميات المقاسة من الماء ، وفي الوقت نفسه من خلال مراقبة الانخفاضات المحتملة لمستوى الماء ، وإذا لزم الأمر يتم بعد ذلك حفر آبار أكثر عمقاً بهدف التحقق من أن الحقل الحقيقي القادر على تقديم الماء قد تم العثور عليه ، عند ذلك يتم اختيار البئر الأكثر مردوداً كبئر أم .

اختيار المسارات :

وتتمثل المهمة التالية لهذا المهندس المسّاح « المغني » في تحديد مسار الماء ، وذلك بتعيين الانحدار والمخرج الدقيق للمياه نحو القناة الاصطناعية ، ويتم اختيار المسار وفقاً لعوامل الأرض وفي بعض الحالات تلعب مسائل الملكية دوراً في هذا المجال .

ومن أجل البدء بالمسح يدلى حبل طويل داخل البئر الأم ، حتى يلامس سطح الماء ، وتوضع علامة على الحبل على مستوى الأرض ، ثم يختار المساح نقطة على المسار تبعد ٣٠ أو ٤٠ متراً عن البئر الأم ، وذلك بهدف حفر بئر التهوية الأولى في هذه النقطة ، ويعهد إلى أحد القروين بعضاً من أجل تعيين الموضع ، ويجري المساح حساب فرق الارتفاع بين نقطتي البئرين بواسطة آلة مخصصة لهذا الأمر .

وتوضع على الحبل علامة ثانية موافقة للقياس الذي تم إجراؤه على العصا ، وتحدد المسافة بين العلامتين فرق الارتفاع ، أما المسافة ما بين العلامة الثانية وطرف الحبل الأسفل فتحدد عمق بئر التهوية الأولى ، وتابع الخبير سيره على طول الطريق واضعاً في مكان كل فتحة مرتقبة

علامة على امتداد الحبل . ويستمر على هذا المنوال حتى يصل إلى نهاية الحبل ، وبذلك يكون قد بلغ نقطة على الأرض تقع على المستوى نفسه لسطح الماء داخل البئر الأم ، أما بالنسبة إلى مخرج الماء نحو القناة ؛ فإن المساح يختار موضعاً تحت هذا المستوى الأخير ، لكنه في الوقت نفسه أعلى من الحقول ثم يقسم فرق الارتفاع بين نقطة البئر الأم ومخرج الماء على عدد الآبار المقترحة للتهوية ، ويجمع هذا الطول مع الطول الذي تم حسابه لكل بئر تهوية ، وهكذا يستطيع تحديد انحدار مجرى الماء ، الذي تتراوح قيمته إجمالاً بين ١/٥٠٠ و١/١٠٠٠ .

تعاون متكامل :

وبعد الانتهاء من هذا العمل الطبوغرافي يتم حفر عدد من آبار التوجيه التي يبعد بعضها عن بعض مسافة ثلاثمئة متر تقريباً ، ويكون ذلك تحت إشراف الطبوغرافي ، وبعد ذلك يسلم الحبل مع الإشارة المعنية لكل بئر عمودية إلى (المقني) الذي يبدأ آنذاك بالعمل مع مساعديه ، لحفر القناة في مختلف أنواع الرواسب الطمية ، انطلاقاً من الموضع المحدد كمخرج للماء .

في البداية تكون القناة مفتوحة ، لكنها لا تلبث أن تتحول إلى نفق ، ويحفر فريق آخر من العمال آبار التهوية فوق عمال النفق ، ويقوم عمال آخرون برفع البقايا إلى سطح الأرض بواسطة هذه الآبار .

ويتم إشعال قنديلي زيت على أرض المجرى لتأمين الإنارة للعمال ، وكذلك لقياس سماكة الهواء ؛ لأن القنديلين ينطفئان بمجرد ازدياد خطر الاختناق .

ويبذل المقني جهده لكي يكون النفق على خط مستقيم من خلال تصويب نظره نحو القنديلين ، كما ينبغي عليه أن يحترس أكثر فأكثر كلما

اقترب العمل من البئر الأم ، فإذا أخطأ المقني في تقدير المسافة المتبقية ، وإذا كانت البئر مليئة بالماء فإن السيل قد يجرفه .

فهم هندسي للظواهر الهيدروليكية :

إن دراسة القنوات بشكل علمي تدل دلالة قاطعة على فهم المهندسين العرب للظواهر الهيدروليكية المختلفة ، التي تتحكم في الجريان على الرغم من عدم معرفة القوانين بالشكل الذي نعرفه اليوم ، وبخاصة بالنسبة إلى المآخذ والهدارات والفتحات والتوزيع والتقسيم بين المستثمرين ، كما أن طرق الإنشاء والتي استعملت في حفر القنوات وفي بنائها كانت أولية ، إلا أنها مكنت العرب المسلمين من حفر الصخر ، وتحديد الاستقامات ، وضبط ميول القنوات وتنزيل المقاطع المائية الصحيحة .

ويبدو أيضاً أن نظام التشغيل والصيانة والتوزيع للمياه في الري والاستعمالات المنزلية اعتمد على برامج متفق عليها ، يديرها مشرفون ، وأن الوازع الديني في معظم الحالات كان المنظم لعلاقات المستثمرين فيما يتعلق باستحقاقات المياه .

* * *

الساعات المائية
في التراث العلمي العربي

لا ريب في أن ما وصلت إليه الحضارة الحديثة من تقدم كبير ، وإمكانات صناعية هائلة ، وتطور مذهل في الاتصالات وعلوم الفضاء والمعلومات ، وغيرها من المجالات ، لم يكن وليد مصادفة ولا عمل أحلام ، ولا تخيلات تنزّلت على المبدعين والمخترعين ، بل كان ذلك ثمرة جهود متواصلة بذلتها الحضارات السابقة ، ونتاج سنوات مضنية طويلة قضاها آلاف العلماء في البحث والدراسة والتأمل والتجربة .

وقد استفادت كل حضارة شهدتها البشرية من الحضارة التي سبقتها ، وأخذ علماؤها عن العلماء الذين سبقوهم ، وزادوا على ما وصلوا إليه مزيداً من البحث والدراسة ، حتى وصلت العلوم الحديثة إلى وضعها الحالي ، والفرق الأساسي بين العصور الغابرة والحديثة يكمن في أن التطور العلمي في الماضي كان يحدث بخطا وئيدة بطيئة ، في حين أنه يحدث بخطوات متسارعة بل فائقة السرعة في العصر الحديث .

ولقد كان للحضارة العربية الإسلامية نصيب وافر في التقدم والتطور العلمي والتقني الذي نراه حالياً ، كما كان لها قصب السبق واليد الفضلى في كثير من المعارف والعلوم ، وشهد بذلك نَصَفَة المؤرِّخين الذين ابتعدوا عن الأهواء والنزعات ، ودونوا تاريخ العلم بنزاهة وموضوعية وحياد .

ولقد استفادت تلك الحضارة من الحضارات التي سبقتها ، وأخذت عنها خلاصة ما وصلت إليه من تطور ورقي ، لكنها لم تكتفِ بذلك ، بل عكف علماؤها على البحث والترجمة والتأليف والإبدع والابتكار ، فتركوا لنا تراثاً علمياً قيماً ، قلَّ أن تجد نظيره في الحضارات الأخرى ، كما أبدعوا نظريات علمية كانت الأساس لعلوم عصرية حديثة ، وقد اعترف العلماء الغربيون بهذا ، وأخذوا من تلك المعارف والعلوم ، وشهدوا بمدى التطور والرقي والازدهار الذي وصلت إليه الحضارة العربية الإسلامية .

التطور التقاني :

ومن أهم الميادين التي ترك لنا فيها العلماء العرب تراثاً علمياً زاخراً ومهماً : ميدان التقانة ، فلقد أبرزت الكتب التي حُققت حديثاً ، وكذا الدراسات التي قام بها باحثون عرب وغربيون مدى التطور المذهل الذي وصلت إليه التقانة العربية ، ويعدد الدكتور المهندس أحمد يوسف الحسن عشرين مجالاً علمياً مهماً أبدع فيها العلماء العرب في مجال التطور التقاني ؛ ومنها : المناجم والمقالع ، وتقانة المعادن ، والآلات والأدوات الزراعية ، وصناعة الأطعمة والأشربة ، وصناعة الجلود ، وصناعة الغزل والنسيج ، وصناعة الآلات والهندسة الميكانيكية ، والهندسة الهيدروليكية ، وهندسة الطرقات والنقل والمواصلات والموانئ .

ويقول الدكتور الحسن : لقد اخترع المهندسون العرب كثيراً من الآلات والوسائل الميكانيكية التي ظهرت آثارها في التصميم المكانيكي للمحركات البخارية ومحركات الاحتراق الداخلي ، وفي مبادئ التحكم الآلي ، وغير ذلك من الآلات الميكانيكية والهيدروليكية .

الساعات المائية :

وفي ميدان الهندسة الميكانيكية كان لإبداع المهندسين العرب الساعات المائية ، والتطورات التي أدخلوها عليها ؛ دور مهم فيما وصلت إليه آلات التوقيت الحديثة من تطور هائل .

ولقد عرفت الدول العربية والإسلامية أدوات عديدة لتحديد الوقت ، فكانت الساعة الزوالية ، والاصطرلاب ، والربع المجيَّب ، والربع المقنطر ، وغيرها .

لكنها كانت مرتبطة بوجود الشمس ، ويتوقف عملها في الليل وأثناء الغيم ، كما كانوا يعرفون الساعات الرملية التي تعمل بطريقة بدائية نوعاً ما .

ثم ازدادت معرفتهم بالساعات حتى أبدعوا الساعات المائية ، التي شهدت تطورات مهمة ، وكانت في بداية الأمر تتركب من عدة أجزاء ميكانيكية مصنوعة من الخشب أو معادن أخرى ، ثم أصبحت في نهاية الأمر تصنع من معادن صلبة مقاومة للتغيرات الجوية ، وأضيفت إليها تركيبات ميكانيكية كثيرة كالصمامات والعواتق والأذرعة المختلفة ، والبكرات والأوزان والمفاصل والموازين ، وصارت كل ساعة كأنها آلة ميكانيكية هيدروليكية متكاملة مدروسة من حيث التوازن والحركة والعزوم المنتقلة ، والاتساق الدقيق بين كل حركة والتي تليها .

ساعات تاريخية :

من أشهر الساعات المائية المعروفة : الساعة التي أهداها هارون الرشيد إلى شارلمان ملك فرنسة ، ويعرف هذا النوع من الساعات باسم صندوق الساعات ، وتذكر كتب التاريخ أن شارلمان ورجاله دهشوا لما سمعوا دقاتها وظنوا أنها تضم بعض الجن والعفاريت .

ومن الساعات المشهورة ساعات المسجد الأموي بدمشق ، التي وصف بعضها الرحالة ابن جبير ، وساعات المدرسة المستنصرية ببغداد ، وساعات مسجد مراكش بالمغرب ، وساعة الغني بالله في غرناطة ، وساعات أبي عنان بفاس ، والساعات التي أبدعها المهندس بديع الزمان الجزري الرزان في كتابه « الجامع بين العلم والعمل ، النافع في صناعة الحيل » وهي ساعات متطورة جداً .

آلة ميكانيكية رائعة :

قبل نحو عشرين عاماً اكتشف في فلورنسة مخطوط فريد لكتاب عربي علمي نادر اسمه : « كتاب الأسرار في نتائج الأفكار » ومؤلفه هو المهندس : أحمد أو محمد بن خلف المرادي (القرن ١١) ، يتضمن هذا الكتاب شرحاً لـ ٣١ نوعاً من الآلات الميكانيكية المتطورة في عصره .

ومن الآلات التي ضمنها المرادي كتابه ساعة مائية متطورة ؛ هذا وصفها : في مكان يبدو كأنه مسرح تم تنفيذه وعمله بدقة متناهية .

تخرج فتاتان من مقصورتين كانتا مسجونتين فيهما ، وأربعة غزلان تبدأ بالشرب ، وفجأة يخرج رجل أسود من بئر عميقة ليراقب الفتاتين .

وبعد برهة تظهر ثلاثة ثعابين تثير ذعر جميع الممثلين ، فيهرعون إلى الاختباء في الأمكنة التي كانوا فيها عند بدء التمثيل .

ثم تنفيذ العرض المسرحي هذا على الوجه العلوي من علبة شكلها متوازي مستطيلات ، ويمكن تحويل هذا الوجه إلى مثمن ، وقد خبّئ في الأعلى ثلاثة موازين مائية وحبال وأنابيب وصمامات وبكرات . . . إلخ ، تُطلق على التوالي الحركات التي خص بها الصانع كل قطعة من القطع . . . وتتيح هذه التركيبة للعرض أن يتكرر بفواصل زمنية معينة ، فإذا أريد أن

يعمل منه على غرار ساعة يكفي تعبيره بما يضمن تكرار العرض مرة كل ساعة .

ولكي تحدث الحركة بالأسلوب الصحيح ، يجب أن يظل منسوب المياه المخزون في المستودع ، الذي يغذي جميع كفات الميزان ، على ارتفاع ثابت ، وهذا يتحقق بفضل تعديلات أُدخلت على طريقة كانت معروفة منذ القدم ، كاستخدام مستودعين بمنسوبين مثلاً .

ففي التقنيات القديمة كان المستودع العلوي يصب الماء في المستودع السفلي بكمية أكبر من أن يحويها الأخير ، فكان السائل الذي يغذي المستودع السفلي يتدفق بسرعة ثابتة في الساعة المائية ، أما في الحالة التي نذكرها فيكمن التجديد في ملء إحدى كفتي الميزان الرئيسي بكمية معينة من الزئبق ، وذلك لبدء تشغيل متتالية من الحركات المبرمجة ، لكريات معدنية مثلاً ، وهنا يكمن الفرق مع الوسائل التي كانت متبعة في العصور السابقة . . .

كما يتضمن الكتاب وصفاً لآلات ميكانيكية استخدمت فيها أجزاء ميكانيكية متطورة جداً كالصمامات ، ومنظومة (ساعد ـ ذراع التدوير) والملفافات المتصالبة ، ولا ريب في دلالة هذا على الإبداع العلمي والتقاني لدى المهندسين العرب في ذلك الوقت ، إضافة إلى إسهامه في الإبداعات التي ظهرت لاحقاً .

خاتمة :

لم تكن غاية البحث وصفاً تاريخياً للساعات المائية ومدى التطور الذي لعبته في تحفيز العلماء إلى الإبداع والابتكار ، ولا التغني بالماضي الزاهر وتمجيد الحضارة العربية الإسلامية فحسب ، بل هو تذكير لما وصلت إليه تلك الحضارة من رقي وتطور .

والإطلالة على إنجازات علمية هائلة لا يعرفها إلا قلة من المختصين ، وهي كذلك دعوة إلى استنهاض الهمم وبذل الجهود والعمل الدؤوب من أجل مواصلة الإبداع والتفوق العلمي ، وتوليد المعرفة وتوجيهها ، والإسهام في إغناء المعارف العلمية والتقانية ، وفي استخداماتها المتزايدة في مختلف مجالات الحياة .

* * *

آلية عمل الساعة المائية ذات الغزلان

يوجد في الساعة المائية المشروحة في « كتاب الأسرار في نتائج الأفكار » ثلاث آليات : الآلية الأساسية والآلية الثانوية وآلية الإعادة إلى الصفر .

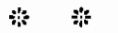
ففي الآلية الأساسية كان الميزان هو العنصر الجوهري ، تمتلئ كفتاه بالماء واحدة بعد الأخرى ، كي تحدث سلسلة من الحركات المتناوبة ؛ هي : فتح وإغلاق باب العلبة ، تقدم وتراجع العربة الصغيرة التي يركب فيها العبدان ، حركات الغزلان التي تشرب أو تستنفر أو تنهض رأسها . ونشاهد أيضاً حركة صمام يقطع تغذية إحدى الكفتين بالماء ويتيح تغذية الكفة الأخرى .

كما نشاهد كتلة من الزئبق تزن نصف كيلو غرام ، يمكن أن تتحرك على طول عاتق الميزان ، كما يتضح على الأشكال الثلاثة المتوالية .

أما الآلية الثانوية فيحركها ميزان آخر ، تتعلق كتلة إحدى كفتيه بتجمع الماء وتظل كتلة الكفة الأخرى ثابتة ، أما وضع ذراعي العاتق فيتوقف على كمية الماء المضافة ، وتُحرَّض حركته ظهور رجل أسود يراقب العبدين ويطلق عملية إعادة الآلة إلى الصفر .

وأخيراً تعتمد آلية الإعادة إلى الصفر على ميزان ثالث ليس له سوى كفة واحدة ويحمل كتلة ثابتة في الطرف الآخر من العاتق ، واهتزاز هذا الميزان يؤدي إلى ظهور الثعابين الثلاثة ظهوراً يستجر سلسلة حركات :

هروب الرجل الأسود الذي يراقب العبدين ، وهروب العبدين إلى داخل العلبة (البيت) وانغلاق بابها ، ثم تختفي الثعابين وعندئذ ترفع الغزلان رؤوسها .



السلامة الصناعية
في التراث العلمي العربي

شهد ميدان الصناعة العربية خلال فترات متعاقبة قفزات نوعية هائلة كان لها أكبر الأثر في دعم معالم الحضارة العربية المختلفة .

ومما لاشك فيه أن هناك ارتباطاً وثيقاً وتلازماً واضحاً بين تطور الصناعة العربية من جهة ، والتطور في ميادين الزراعة والتجارة والعلوم البحتة والتطبيقية من جهة أخرى ، وقد أدى ذلك التطور الكبير الذي شهدته الحضارة العربية إلى تلك الإنجازات والاكتشافات التي تضمنها سجلها الخالد ، الذي سيبقى منارة وضاءة لأبناء تلك الحضارة ونبراساً يحثهم على متابعة تلك الإبداعات وبذل الجهد والتحصيل العلمي لجَسْر الهوة بينهم وبين الإنجازات العلمية الحديثة .

وقد رافق تطور الصناعة العربية تطور مهم في وسائل السلامة المهنية والأساليب الكفيلة بالحد من التلوث ، بل والوقاية منه قبل وقوعه ، ويعد هذا الأمر الذي يندرج تحت موضوع /الأمن الصناعي/ أو /السلامة الصناعية/ من أبرز الإنجازات العربية في سبيل الحد من التلوث البيئي كما أنه من الإسهامات العالمية الأولى في هذا المضمار الذي يشهد اليوم اهتماماً عالمياً تجلى بعقد مؤتمرات عالمية كبرى حضرها عشرات من قادة ورؤساء حكومات دول العالم .

وكان للصناعة العربية منذ بدايات القرن الثالث الهجري تنظيم خاص

يتضمن تقسيم الصناعيين إلى أرباب صناعة وصناعيين (عمال) ، وشروط ممارسة الصناعة ، وأهم الأمور الواجب توافرها في أمكنة الصناعة ، كما كان لما يسمى (مؤسسة الحسبة) دور مهم في الحفاظ على متانة المصنوعات وجودتها ، سواء في المواد الخام التي تصنع منها أو في طريقة صنعها ، وذلك بفضل الرقابة التي كان يتولاها المحتسب في كل مدينة .

وأجمع المؤرخون على أن منصب الحسبة نشأ في العهد العباسي أيام المهدي ، وظل من جملة التشكيلات التي أخذت بها الممالك الإسلامية فيما بعد ، ولخطورة هذا المنصب كان المحتسب يُنتقى من أصحاب الرأي والصرامة والعلم والورع والتقوى ، لأن مهمة المحتسب الأساسية كانت صيانة حقوق الله ورعاية حقوق العباد ، وكان من اهتماماته حماية مرتادي الأسواق وسلامة العمال والسكان المجاورين لأمكنة الصناعة .

الاهتمام بالسلامة الصناعية والبيئية :

وانطلاقاً من المحافظة على سلامة الموجودين في المدن ، سواء العاملون في الصناعات المختلفة أو الأشخاص العاديون المستفيدون من هذه الصناعات ، وسلامة البيئة من الأدخنة والأغبرة الضارة والسامة ، وحماية البيوت والمتاجر والمحال من الانهيارات والحرائق ، فقد وضعت ضوابط حازمة عند بناء البيوت وتصميم الشوارع والأزقة وبناء المحال وأمكنة الصناعة ، كما وُضعت شروط خاصة للعاملين في الصناعات والمواد المستخدمة فيها ، وأمكنة تصريف ما ينتج عنها من مواد ضارة ، ومراعاة صحة البيئة ومكافحة التلوث .

وكانت مهمة ذلك توكل إلى المحتسبين ، الذين كانوا يطوفون في أرجاء المدينة ويفتشون أمكنة الصناعة ، ويوجهون أرباب الصناعات إلى

الأمور الواجب توافرها في صناعاتهم ، وأرباب البناء إلى شروطه ومواده الضرورية ، وأرباب التجارة إلى الحذر من الغش والخداع ، وإنقاص المكيال والميزان وبيع المواد التالفة .

التصنيف البيئي لأعمال السوق :

ويتضمن ذلك عزل الصناعات والأعمال ذات الطبيعة التلوثية ، كالأبخرة والروائح والوهج والشرار ، عن أعمال السوق العادية بأمكنة خاصة حتى يبقى السوق محافظاً على وضعه البيئي الطبيعي ، ولئلا يتأثر رواده بهذه الأضرار ، ولأن بقية الصناعات ذات المخلفات قد لا يحتاج إليها الإنسان يومياً ، فوجب عزلها . لذا كانت تلك الصناعات توضع في أمكنة خارج السوق أو منعزلة عنه ، كما كان هناك حواجز بينها وبين الأعمال التجارية التي لا تتضمن أخطاراً بيئية كمحال العطارة وبيع الأقمشة .

الوقاية من الحرائق :

أوردت كتب التاريخ قواعد وضعت لحماية البيوت والمحال من الحرائق ، وألزمت أصحاب المحال وأرباب الصناعات بتطبيقها ، ومنها :

١ـ طُلب من الحدادين اتخاذ حواجز بين محالهم وبين الشارع ، كيلا يتطاير الشرر إلى الطريق وما به من مارة ودواب ومواد قابلة للاشتعال .

٢ـ مَنْع الطباخين من ممارسة عملهم في منتصف الليل ووقت السحر ، وذلك تجنباً لحدوث حريق والناس نيام ، ومنع الخبازين من العمل قبل الفجر ، لما في ذلك الوقت من قلة الانتباه بسبب النعاس عند القيام من النوم .

٣ـ منع الفرانين والزجاجين من جعل الأحطاب على مقربة من النار خوفاً من أن تصلها فيشب حريق .

٤ـ إلزام أرباب الصناعات التي تستعمل مواقد النار لصهر المعادن أو غيرها أن تكون مصانعهم بعيدة عن مناطق القماشين مثلاً .

٥ـ الطلب إلى أصحاب المحال بأن يضع كل منهم أمام محله أواني ملأى بالماء للمساعدة على إطفاء الحرائق حال وقوعها .

سلامة الأبنية ومواد البناء :

ومن معالم الحضارة العربية : تلك الشروط التي فرضت على من يريد إشادة منزل أو سور أو مسجد ، حيث كان ينبغي على البنائين أن يراعوا في عملهم العناية والدقة والمهارة حتى لا يكون الأساس ضعيفاً ، فيتعرج البناء ولا يستقيم ، ويعطون مدة عشر سنوات من إنشائه ؛ فإذا انهار أو تداعى من غير قضاء وقدر تحتم عليهم تشييد بديل عنه وعلى نفقتهم ، كما كانت هناك مراقبة على مواد البناء ؛ حيث منع استخدام المواد قليلة التحمل ، أو سريعة التشقق والانهيار ، أو المواد المغشوشة بغية الاستفادة من رخص ثمنها وسرعة إنجاز البناء بوساطتها ، وكان من حق المحتسب أن يهدم كل بناء يبرز به صاحبه إلى الطريق ، فالطريق ملك للعامة ، ويدعو أصحاب الدور المتداعية إلى هدمها ورفع أنقاضها عن الطريق .

وقد أورد ابن سينا في كتابه (القانون) فصلاً عن التهوية ودرجة الحرارة وكمية الإشعاع الشمسي في المساكن ، وحال ساكنيها من الناحية الصحية باختلاف نوعية الجو فيها ، وعن ضرورة وجود المياه العذبة قرب أمكنة السكن .

التهوية وسلامة التنفس :

عرف العلماء العرب أهمية الهواء النقي وفوائده ، وأدركوا أخطار الهواء الملوث ومفاسده ، وكذلك الصلة بين وجود الهواء الملوث والأمراض التي تصيب البشر والحيوانات ، ونتيجة انتشار هذه المعرفة وإدراك أهميتها وضعت شروط على أرباب الحرف والصناعات ، وعلى أمكنة مختلفة ؛ بغية المحافظة على البيئة ودرء أخطار التلوث ، ومن الأمكنة والصناعات التي فرضت على هذه الشروط :

أ ـ الحمامات :

روعي في الحمامات ضرورة تبخيرها مرتين لتنقية الهواء وطرد الروائح الكريهة ، وذلك بعد خروج المستحمين ، وإطفاء النار ، كما روعي طرد ماء الغسالات إلى خارج الحمام ، ومنع استخدام الحمام لغسل الجلود ودبغها ، لئلا يتضرر منها مرتادوه ، وروعي في تصميمها أن تكون مسدودة المنافذ وواسعة الفضاء وكثيرة النور والضياء ، وأن تكون مصونة من الدخان والغبار .

ب ـ الأسواق :

كانت الأسواق بمثابة منتديات اقتصادية وتجارية واجتماعية ، لذا روعي في تصميمها أمور عديدة ، منها : ألا يسد الهواء في شوارعها بناء خارج عن صف الأبنية كالفواصل والشرفات المنخفضة والأجنحة ، ولا شجر كثيف يضيق الشوارع ، كما ألزم الخبازون ـ مثلاً ـ بوضع مداخن واسعة وعالية لأفرانهم لتصريف الدخان وكنس بيت النار بعد كل استعمال .

جـ ـ الصناعات الكيميائية :

روعي في الصناعات الكيميائية ، كصناعة الذهب والفضة ، سلامة العاملين فيها من آثار الغازات السامة الناجمة عن بعض الأعمال ، والتي تسبب أمراضاً مختلفة ، وأمر العمال بوضع كمامات على أفواههم وأنوفهم وتناوب العمل فيما بينهم .

د ـ التعدين وحفر الآبار :

انطوى العمل في هاتين المهنتين على المخاطرة باقتحام أمكنة ذات هواء فاسد وغازات سامة خطرة وذات أعماق سحيقة ، لذا أُلزم العمال بألا يخاطروا بأنفسهم ، وكانوا يستدلون على وجود الغازات الخانقة بإشعال سرج من دهن حيواني ، فإذا انطفأ السراج دل على نقص الهواء في المكان المراد الدخول إليه ، وطُلب إلى العمال ارتداء قمصان من جلود مدبوغة متصلة بقلنسوة للوقاية من المياه الباردة .

لقد كانت هذه المآثر صفحة مشرقة من صفحات الحضارة العربية ، ودلت بوضوح ـ لا يعتريه شك أو شبهة ـ كيف أبدع علماء تلك الحضارة ـ ومنهم الأطباء والمهندسون ـ في ابتكار وسائل السلامة الصناعية والاهتمام ، بها ووضع الشروط الصارمة لتطبيقها حفاظاً على البيئة المحيطة بهم ، ودرءاً للأخطار عن البشر والحيوانات والنباتات ، وكانت دراساتهم وكتاباتهم في ذلك الموضوع كشفاً علمياً فذاً ، فتح الباب أمام الإنجازات الحديثة التي شهدها هذا الميدان .

* * *

الإنجازات الفلكية
في الحضارة العربية الإسلامية

مجلة الوطنية/ العدد ٢٢٠/ المجلد ١٨/ مارس ١٩٩٦م .

لا ريب في أن ما وصلت إليه الحضارة الحديثة من تقنيات وإمكانات صناعية هائلة وتطور مذهل في الاتصالات وعلوم الفضاء ، وغيرها من المجالات ؛ لم تكن وليدة ساعتها ، ولا بنت لحظتها ، بل هي ثمرة جهود متواصلة بذلتها الحضارات السابقة ، ونتاج سنوات مضنية طويلة قضاها آلاف العلماء في البحث والدراسة والتأمل والتفكر .

وقد استفادت كل حضارة شهدتها البشرية من الحضارة التي سبقتها ، وأخذ علماؤها عن العلماء الذين سبقوهم ، وزادوا على ما وصلوا إليه مزيداً من البحث والدراسة ، حتى وصلت العلوم الحديثة إلى ما وصلت إليه ، والفرق الأساسي بين العصور الغابرة والحديثة يكمن في أن التطور العلمي في الماضي كان يتم بخطا بطيئة ، في حين أنه يحدث بخطوات متسارعة بل فائقة السرعة في العصر الحديث .

ولقد كان للحضارة العربية الإسلامية نصيب وافر في التطور العلمي والتقني الذي نراه حالياً ، كما كان لها اليد الفضلى وقصب السبق في كثير من المعارف والعلوم . ولقد استفادت تلك الحضارة من الحضارات التي سبقتها ، وأخذت عنها خلاصة ما وصلت إليه من تطور ورقي ، لكنها لم تكتفِ بذلك ، بل عكف علماؤها على البحث والترجمة والتأليف

والابتكار والإبداع ، فتركوا لنا تراثاً علمياً قيماً ، قلَّ أن تجد له نظيراً في غيرها من الحضارات ، كما أبدعوا نظريات علمية كانت الأساس لعلوم عصرية حديثة وقد اعترف العلماء الغربيون بهذا ، وشهدوا بمدى التطور والرقي والازدهار الذي وصلت إليه الحضارة العربية الإسلامية .

مسميات متعددة :

يزخر التراث العلمي العربي بمسميات متعددة لعلم الفلك ، ومنها علم الهيئة وعلم أحكام النجوم ، وعلم صناعة النجوم وعلم التنجيم ، وقد يظن البعض أن هناك لبساً وخلطاً بين التنجيم وعلم الفلك ، وفي الواقع هناك تمييز واضح وفرق كبير بين الأمرين إذ إن علم الفلك قائم على الرصد والبحث والحسابات في حين يقوم التنجيم على الحدس والتخمين والظن .

وقد عرف البتاني (أحد الفلكين العرب) علم الفلك بأنه العلم : « الذي تعرف به مدة السنين والشهور والمواقيت وفصول الأزمان ، وزيادة الليل والنهار ونقصانهما ، ومواضع النيرين (الشمس والقمر) وكسوفهما ، وسير الكواكب في استقامتها ورجوعها وتبدل أشكالها ومراتب أفلاكها وسائر مناسباتها » .

فائدة علم الفلك وأهميته :

أولت الحضارة العربية الإسلامية علم الفلك أهمية خاصة ، وبلغ فيها شأواً عظيماً منذ بدايتها ، ونجد هذا واضحاً من خلال مئات الكتب المؤلفة في هذا العلم ، والمراصد التي أقيمت في بقاع شتى من الدول الإسلامية والآلات التي اخترعت للرصد والحساب .

وقد تمت الاستعانة بعلم الفلك في أمرين اثنين : أولهما : يتعلق

بالأمور الدينية ، والآخر : بالأمور الدنيوية ، ففيما يتعلق بالجانب الأول تمت الاستفادة من تطبيقات علم الفلك في معرفة أوائل الشهور القمرية ، ومعرفة اتجاه الكعبة ، ومواعيد الصلوات الخمس. . . وغيرها من الشعائر الإسلامية .

أما في الجانب الدنيوي ، فلقد استفيد من علم الفلك في معرفة الاتجاهات أثناء المسير في الصحراء ، وفي الملاحة البحرية ، والتنبؤ بالطقس. . . وغير ذلك من الأمور التي برع فيها العرب .

وقد وصف (البتاني) علم الفلك بأنه من أشرف العلوم منزلة وأسناها مرتبة وأعلقها بالقلوب ، وألمعها بالنفوس ، وأنه ميدان نشاط فيه إذكاء للذهن ، وشحن لملكة التأمل ، وأن من أنعم وأدام النظر فيه ، أدى إلى معرفة كنة عظمة الخالق وسعة حكمته وجليل قدرته ولطيف صنعه .

بداياته ومراحل تطوره :

عرف العرب قبل الإسلام علم الفلك ، وكانت لديهم معلومات واسعة عن مواقع النجوم والأبراج ومنازل القمر والكواكب السيارة ، وتدل شواهد آثارية على أنهم كانوا يتأملون في السماء ويراقبون حركات النجوم ويرصدونها .

وعندما جاء الإسلام ازداد اهتمام العرب بعلم الفلك وأولوه اهتماماً خاصاً ؛ ولوجود ارتباط بينه وبين عدد من الشعائر الإسلامية ، وهناك آيات عديدة تحث على التأمل في القوانين التي تحكم سير الأجرام السماوية وحركاتها ودلالاتها على وجود الخالق عز وجل وعظيم صنعه ، كما اهتم الخلفاء به وشجعوا على دراسته ، وأقاموا المراصد العديدة في أمكنة مختلفة .

وفي منتصف القرن الثاني الهجري تمت ترجمة كتاب السند هند أو

(السدهانت) الهندي إلى اللغة العربية ، واستطاع العرب من خلاله أن يتفهموا بعض الموضوعات المتعلقة بعلم الفلك ، فزاد اهتمامهم بهذا العلم واتسعت معارفهم ، واستطاعوا بعدها أن يترجموا أمهات الكتب فيه ، ومن أهم الكتب التي ترجمت وكان لها تأثير مهم في تطور هذا العلم كتاب (المجسطي) لبطليموس ، إذ استوعبت العرب ما فيه من نظريات وحسابات ، ولم يكتفوا بذلك ، بل أدخلوا تصويبات مهمة على بعض الأخطاء الحسابية والفلكية .

وعرف عن الخليفة أبو جعفر المنصور شغفه واهتمامه بعلم الفلك ، وهو الذي أمر بترجمة كتاب السند هند ، كما كان يشجع المترجمين والعلماء ويغدق عليهم العطايا ويحيطهم بضروب من الرعاية والعناية ، وفي مدة خلافته ترجم (أبو يحيى البطريق) كتاب « المقالات الأربع » في صناعة النجوم لبطليموس ، وهو كتاب كان له تأثير في الاهتمام بعلم الفلك ، إلا أن عصر المأمون كان العصر الذي شهد انطلاقة حقيقية لعلم الفلك حيث أمر ببناء المراصد وجعل لها عاملين متفرغين ، وأولى العاملين فيها عناية خاصة .

وكان لإقامة المراصد تأثير كبير في تطور علم الفلك وتم بواسطتها إجراء العديد من الحسابات ، كما تم في تلك الفترة اختراع آلات عديدة تتعلق برصد النجوم والأفلاك .

وكان لعلماء الأندلس دور مهم في علم الفلك ، واشتهر منهم (الزرقالي) الذي وضع جداول فلكية اعتمد عليها الملك ألفونسو العاشر عند وضعه الجداول المعروفة باسم الجداول الألفونسية ، ويقول روم لاندو في كتابه (الإسلام والعرب) : « في كتاب كوبرنيكوس يستشهد بالعالم العربي الزرقالي ، وينقل عنه ، والزرقالي عالم أندلسي فلكي ،

اخترع اسطرلاباً ، وتم له من الشهرة قدر جعله منطلقاً لتراث فلكي كامل » .

وكانت الأندلس بالنسبة لأوروبة موطن الجداول الفلكية والرصد الفلكي من أيام مسلمة المجريطي والزرقالي إلى عهد ألفونس الحكيم ، وكان خط عرض مدينة طليطلة لفترة طويلة الأساس الذي بنيت عليه الحسابات من قبل الفلكين الغربيين .

وكان من أهم رواد علم الفلك في الحضارة الإسلامية : البتاني والبيروني وأبو معشر البلخي والبوزجاني وبنو موسى بن شاكر وثابت بن قرة والفرقاني والخوارزمي وابن يونس .

واستمر تطور علم الفلك من جيل إلى جيل حتى انتقل إلى البلاد الأوروبية التي أخذت نتائج البحوث والدراسات التي توصل إليها العلماء العرب فدرستها ودونتها ، وكانت انطلاقتها الحقيقية نحو التطور الهائل الذي تشهده حالياً .

المراصد الفلكية وآلاتها :

كان لإقامة المراصد في بقاع مختلفة من العالم الإسلامي الفضل الأكبر في التطور الذي شهده علم الفلك ، فلقد كانت هذه المراصد بمثابة مؤسسات علمية متخصصة يعمل فيها باحثون مختصون بعلم الفلك ومتفرغون له ، ويأخذون أجورهم من الخلفاء مقابل تفرغهم للمرصد والدراسة وابتكار الآلات الرصدية .

وقد بدأ إنشاء المراصد في أواخر عهد الخليفة المأمون (تشير بعض المراجع إلى أن أول مرصد بني في مدينة الإسكندرية في القرن الثالث قبل الميلاد) ، ولما وقف المأمون على ما جاء في كتاب (المجسطي) من معلومات فلكية عن المراصد والآلات المستخدمة فيها ؛ طلب من العلماء

الفلكيين والرياضيين أن يقوموا برصد الأفلاك ويمتحنوا حقيقة ما جاء فيه وأن يصلحوا آلات الرصد على ما يذكره .

وأمر المأمون في سنة ٢١٥ هجرية بإقامة مرصد في الشامسية ببغداد ، وعهد إلى الفلكي سند بن علي مهمة رئاسته والإشراف عليه ، وقد عمل في هذا المرصد عدد كبير من الفلكيين ؛ منهم بنو موسى بن شاكر وثابت بن قرة ويحيى وأبي منصور ، كما أمر المأمون في الوقت نفسه بإنشاء مرصد في ديرمران على جبل قاسيون بدمشق .

كما أنشئت عدة مراصد في بقاع مختلفة من العالم الإسلامي ، منها مرصد أنشأه بنو موسى في بغداد ، ومرصد أنشأه الفاطميون على جبل المقطم عرف باسم المرصد الحاكي ، ومرصد مراغة الذي أنشأه نصير الدين الطوسي ، وهو من أشهر المراصد وأكبرها ، واشتهر بآلاته الدقيقة وتفوق المشتغلين فيه ، فضلاً عن مراصد أخرى في الأندلس والشام وأصفهان وسمرقند .

وكان للرصد آلات مختلفة ، ويعتبر الاصطرلاب أهم الآلات الفلكية وأكثرها استخداماً ، وقد استخدم للتوصل إلى معرفة الكثير من أمور الأفلاك ، وكذلك لمعرفة ارتفاع الشمس ، وسمت القبلة ، وعرض البلد ، وحل المسائل الرياضية ، ولاسيما حساب المثلثات وقياس الارتفاعات والمسافات وقد أجاد العرب صناعته وألفوا فيه مؤلفات شتى .

ومن الآلات أيضاً اللبنة : وتستخدم لمعرفة درجة عرض المكان ولقياس أبعاد الكوكب ، والمحلقة أو ذات الحلق : وهي آلة عربية يعزى اختراعها إلى الفلكي عباس بن فرناس ، وتستخدم لمعرفة سمت الكواكب ، ومن الآلات أيضاً الربع المجيب ، وذات الشعبتين ، وذات

السمت والارتفاع ، والآلة الشاملة ، وقد ثبت أن كل هذه المخترعات عربية عدا ما أدخله العرب من تحسينات على كثير من آلات الرصد اليونانية .

الإنجازات الفلكية العربية :

لقد أسهم العرب إسهاماً كبيراً في تطور علم الفلك ، وكان لهم الفضل في اختراع الكثير من آلات الرصد والحساب ، وأهم الإنجازات الفلكية العربية التي قدمتها الحضارة العربية الإسلامية ؛ هي :

١ـ نقل الكتب الفلكية عن الحضارات اليونانية والفارسية والهندية ، وتصحيح بعض أغلاطها والتوسع فيها ، وهو عمل جليل لاسيما إذا عرفنا أن أصول تلك الكتب ضاعت ولم يبق منها غير ترجماتها بالعربية .

٢ـ تأليف عشرات الكتب في علم الفلك وآلاته ، وكيفية إجراء الحسابات الفلكية واستخدام آلات الرصد وكيفية صنعها ، وما تضمنته تلك الكتب من نظريات كان لها شأن كبير في تاريخ علم الفلك .

٣ـ عزل علم الفلك عن التنجيم ، وتبيان حقيقة علم الفلك المبني على الرصد والحسابات والنظريات العلمية المدعمة بالبراهين ، وتوضيح أن التنجيم ليس علماً معتمداً على إعمال الفكر والعقل ، بل هو مجرد حدس وتخمين وأوهام .

٤ـ إنجاز أعمال إرصادية هائلة وقيمة ، ومنها قياس محيط الكرة الأرضية في زمن المأمون ، وهو أول قياس أجري لقياسه ، ومنها توصلهم لمعرفة أن أوج الشمس (أبعد نقطة لها عن الأرض) غير ثابت وأنه يتغير بمعدل ١٢ ثانية في السنة ، وكذلك قياسهم طول الدرجة الواحدة من خطوط الطول ، وقياس مدة الحركة البطيئة (تقدم وقت تساوي الليل والنهار) . وتحديد ميل سمت الشمس ومدارها ومدار القمر

والكواكب ، وتحديد اتجاه القبلة في جميع الجوامع والمساجد ومعرفة طول السنة النجمية والسنة الشمسية ، ومعرفة أن الكرة الأرضية هي التي تدور وليست الأفلاك ، وتحديد الكسوف والخسوف ، ومعرفة مدة حدوثهما ، وتتبع مذنّب هالي ورصده عدة مرات ، فضلاً عن إنجاز العديد من الحسابات الفلكية القيمة التي فتحت الباب لعلماء أوروبة ليتابعوا مسيرة تطور علم الفلك من المراحل التي وصل إليها العلماء العرب .

الشعائر الإسلامية
وأثرها في تطور علم الفلك

يشهد العالم حالياً قفزات هائلة في مضمار العلوم والتقانات ، وتطالعنا كل يوم أنباء جديدة عن اختراعات حديثة تقدم خدمات هائلة للبشرية ، وتفتح أمامهم أبواب المعرفة ، ولا ريب في أن ما وصلت إليه الحضارة حالياً من تقدم كبير وإمكانات هائلة وتطور مذهل ، لم يأتِ من فراغ ، ولم يكن إلهاماً تنزّل على المبدعين والمخترعين ، بل كان ثمرة جهود متواصلة بذلتها الحضارات السابقة ، ونتاج سنوات مضنية طويلة قضاها آلاف العلماء في البحث والدراسة والتأمل والتجربة .

وقد كانت كل حضارة تشهدها البشرية تأخذ من الحضارة التي سبقتها ، وتبني معرفتها على ما وصلت إليه ، أو على ما كانت عليه ، حضارة سابقة ، أو حتى حضارة مجاورة متطورة ، كما كان العلماء يستفيدون من خبرات وتجارب وعلوم أسلافهم أو جيرانهم ، ويطلعون على الكتب التي تركها هؤلاء ليكملوا مسيرة العلم ويضعوا بصماتهم في سجل التاريخ العلمي ، حتى وصلت العلوم الحديثة إلى ما وصلت إليه ، لكن الفرق الأساسي بين الحضارات الغابرة والحضارة الحديثة هو أن التطور كان يتم في الماضي بصورة بطيئة ، في حين نراه يخطو خطوات واسعة ، بل سريعة جداً في العصر الحديث .

ولقد كان للحضارة العربية الإسلامية نصيب وافر في التقدم والتطور

العلمي والتقني الذي نراه حالياً ، كما كان لها قصب السبق واليد الفضلى في كثير من العلوم والمعارف ، وشهد بذلك نَصفَة المؤرخين الذين ابتعدوا عن الأهواء والنزعات ، ودوَّنوا تاريخ العلم بنزاهة وموضوعية وحياد .

وما من شك في أن الحضارة العربية الإسلامية استفادت من الحضارات التي سبقتها وأخذت عنها خلاصة ما وصلت إليه من تطور ورقي ، لكنها لم تكتفِ بذلك ، بل عكف علماؤها على البحث والترجمة والتأليف والإبداع والابتكار ، فتركوا لنا تراثاً علمياً قيماً ، قلَّ أن نجد له نظيراً في الحضارات الأخرى ، كما أبدعوا نظريات علمية كانت الأساس لعلوم عصرية ، وقد اعترف العلماء الغربيون بهذا ، وأخذوا من تلك المعارف والعلوم ، وشهدوا بمدى التطور والازدهار الذي وصلت إليه الحضارة العربية الإسلامية .

ولقد كان للإسلام دور كبير في دعم البحث العلمي ، وتنشيطه وحث العلماء على الإبداع والتفكر والتأمل ، وتسخير ما أبدعه الله عز وجل في هذه الطبيعة من ثمرات لخدمة الإنسانية والارتقاء بها . ودعت آيات قرآنية كثيرة إلى ذلك .

كما حثت الأحاديث النبوية الشريفة على طلب العلم ، وجعلته فريضة على المسلمين ، وحذرت المسلمين من الجهل والخرافات والبدع ، وطالبتهم بانتهاج المنهج العلمي السليم فيما يطرأ عليهم من أمور ، وما يستجد من مستجدات .

وكان للشعائر الإسلامية دور مهم في توجيه علماء المسلمين إلى الإبداع والابتكار في علم الفلك ، والرياضيات والفيزياء ؛ لأن الحج والصيام والصلاة تعتمد اعتماداً أساسياً على معرفة أوائل الشهور

القمرية ، ومعرفة أوقات طلوع الشمس وتوسطها وزوالها ، ومعرفة اتجاه الكعبة ؛ وغير ذلك من أمور بغية تطبيق الشعائر الإسلامية تطبيقاً كاملاً ، لا يشوبه نقص ولا يعتريه اعتلال .

وقد أعطى الإسلام علم الفلك أهمية كبيرة وعناية فائقة ، وميَّز بينه وبين ما كان شائعاً من التنجيم ، حيث اعتبر التنجيم نوعاً من الدجل والأوهام والشعوذة ، في حين اعتبر علم الفلك علماً قائماً بذاته معتمداً على الرصد والقياس والمشاهدة والتجربة والحساب ، مستعيناً بالآلات المختلفة الشائعة في ذلك الوقت أو التي صنعها المسلمون أنفسهم .

وقد عرَّف الفلكي البتاني علم الفلك بأنه : العلم الذي تعرف به مدة السنين والشهور ، والمواقيت وفصل الأزمان ، وزيادة الليل والنهار ، ونقصانهما ، ومواضع الشمس والقمر وكسوفهما ، وسير الكواكب في استقامتها ورجوعها ، وتبدل أشكالها ومراتب أفلاكها وسائر مناسباتها .

كما وصف هذا العلم بأنه من أشرف العلوم منزلة ، وأسناها مرتبة ، وأعلقها بالقلوب وألمعها بالنفوس ، وأنه ميدان نشاط ، فيه إذكاء للذهن وشحن لملكة التأمل ، وأن من أنعم وأدام النظر فيه أدى ذلك إلى معرفة كنه عظمة الخالق ، وسعة حكمته ، وجليل قدره ولطيف صنعه .

كما أدرك الخلفاء الأمويون والعباسيون أهمية علم الفلك وعلاقته الوطيدة بالشعائر الإسلامية ، فدأبوا على تشجيع العلماء المختصين بالفلك ، وأولوهم عناية خاصة ، ومن ذلك ما عرف عن الخليفة أبي جعفر المنصور ، الذي أمر بترجمة كتاب /السند هند/ إلى العربية ، وكان يشجع المترجمين ويغدق عليهم العطايا ، وتم في عصره أيضاً ترجمة كتاب (المقالات الأربع) في صناعة النجوم لبطليموس .

إلا أن الانطلاقة الحقيقة لعلم الفلك كانت في عصر الخليفة المأمون

الذي أمر ببناء المراصد ، وجعل لها عمالاً متفرغين ، وأولى العاملين فيها عناية خاصة .

المراصد الفلكية :

كان لإقامة المراصد في بقاع مختلفة من العالم الإسلامي الفضل الأكبر في التطور الذي شهده علم الفلك ، فلقد كانت هذه المراصد بمثابة مؤسسات علمية متخصصة ، يعمل فيها باحثون متخصصون بعلم الفلك ومتفرغون له ، ويأخذون أجورهم من الخلفاء مقابل تفرغهم للرصد والدراسة وابتكار الآلات الرصدية .

وقد بدأ إنشاء المراصد في أواخر عهد الخليفة المأمون ، ولما وقف المأمون على ما جاء في كتاب (المجسطي) من معلومات فلكية ، طلب من العلماء والفلكيين والرياضيين أن يقوموا برصد الأفلاك ويمتحنوا حقيقة ما جاء فيه ، وأن يصلحوا آلات الرصد على ما يذكره .

وأمر المأمون في سنة ٢١٥ هجرية بإقامة مرصد في الشامسية ببغداد ، وعمل في هذا المرصد عدد كبير من الفلكيين منهم بنو موسى بن شاكر وثابت بن قرة ، كما أمر المأمون في الوقت نفسه بإقامة مرصد في دير مران على جبل قاسيون بدمشق ، وأنشئت بعد ذلك عدة مراصد في بقاع مختلفة من العالم الإسلامي .

وكان للرصد آلات مختلفة ، ويعتبر الاصطرلاب أهم الآلات الفلكية وأكثرها استخداماً ، وقد استخدم للتوصل إلى معرفة الكثير من أمور الأفلاك ، وكذلك لمعرفة ارتفاع الشمس وسمت القبلة وعرض البلد وحل المسائل الرياضية ، وأقدم اصطرلاب موجود في العالم حالياً هو الاصطرلاب الموجود في دار الآثار الإسلامية بدولة الكويت .

حسابات دقيقة :

من المعروف أن رمضان والأشهر القمرية الأخرى لا تبدأ مع بداية القمر الفلكي الجديد الذي يعرَّف بأنه الوقت الذي يكون فيه للقمر خط الطول السماوي نفسه كالشمس ، ومن ثم فإنه يكون غير مرئي ، لكنها تبدأ عند أول رؤية لهلال دقيق في سماء آسية من جهة الغرب ، إن معرفة الوقت الدقيق الذي يصبح فيه الهلال القمري مرئياً شكل تحدِّياً خاصاً لعلماء الفلك الرياضي المسلمين .

ومع أن نظرية بطليموس حول حركة القمر المعقدة كانت دقيقة نوعاً ما ، إلا أنها حددت مسار القمر بالنسبة لدائرة البروج فقط (وهي مسار الشمس على الكرة السماوية) .

وللتكهن بأول رؤية للقمر ، كان من الضروري وصف حركته بالنسبة للأفق ، وهذه مسألة يتطلب حلها معرفة معمقة بالهندسة الكروية ، وهو ما حدا بالعلماء المسلمين إلى أن يضعوا نظريات هندسية حديثة استخدم بعضها حتى قرون متأخرة .

وكمثال على الدقة الحسابية المطلوبة في أمور تحديد الوقت في يومٍ ما مثلاً ، فإن ذلك كان يتطلب إنشاء مثلث رؤوسه هي السمت والقطب السماوي الشمالي وموقع الشمس ، وعلى الرصاد أن يعرف ارتفاعي الشمس والقطب الزاويين ، فأما الأول فيمكن رصده ، وأما الآخر فإنه يساوي زاوية الراصد ، وعندها يتعين الوقت بالزاوية المحددة بتقاطع خط الزوال (أي بالقوس الذي يمر من السمت والقطب) مع الدائرة الساعيّة للشمس (أي القوس الواصل بين الشمس والقطب) .

لقد أسهم الإسلام في إعطاء علم الفلك زخماً كبيراً نتج عنه إسهامات عظيمة لعلماء الفلك المسلمين ، ويظهر ذلك من خلال الكتب الكثيرة

التي ألفها هؤلاء العلماء عن الفلك وآلاته ، وما تضمنته تلك الكتب من نظريات كان لها شأن كبير في تاريخ علم الفلك .

كما أنجز هؤلاء العلماء أعمالاً فلكية قيمة ، منها قياس محيط الكرة الأرضية في زمن المأمون ، وهو أول قياس من نوعه ، وتوصلهم لمعرفة أن أوج الشمس (أبعد نقطة لها عن الأرض) غير ثابت ، وأنه يتغير بمعدل ١٢ ثانية في السنة ، وكذلك قياسهم طول الدرجة الواحدة من خطوط الطول ، وتحديد ميل سمت الشمس ومدارها ومدار القمر والكواكب ، وتحديد اتجاه القبلة في المساجد ومعرفة طول السنة النجمية والسنة الشمسية ، ومعرفة أن الكرة الأرضية هي التي تدور وليس الأفلاك ، وتحديد الكسوف والخسوف ، ومعرفة مدة حدوثهما ، فضلاً عن إنجازات عدة فتحت الأبواب أمام علماء الغرب ليتوصلوا إلى الاكتشافات العلمية الحديثة .

* * *

الزهراوي... رائد الجراحة

أدى الأطباء العرب دوراً مهماً في رقي البشرية وتطورها والتخفيف من آلامها ومعاناتها وأمراضها ، وأسهموا إسهاماً وافراً في وصول العلوم الطبية والصحية إلى المستوى الراقي الذي تشهده هذه الأيام .

وقد سجل هؤلاء الأطباء أسماؤهم بأحرف من نور في سجلات تاريخ العلم والكتب التي دوّنت تاريخ الطب والعلوم الصحية ، وما زالت أسماؤهم تطلق على المستشفيات الكبرى والجامعات والكليات وقاعات ومختبرات ومعاهد التدريس والبحث الطبي .

ويعزى الأمر في ذلك إلى ذلك التاريخ الحافل بالعطاء الذي قدمه كل منهم والكتب التي سطّرها والأبحاث والتجارب والخبرات المنقولة عنه ، والأدوات التي ابتكرها واستعملها خلال حياته العملية .

ولم تقتصر إسهامات هؤلاء الأطباء الأفذاذ على دراسات نظرية فقط ، بل تعدَّتْ ذلك إلى إجراء تجارب بارعة ؛ من أهمها : العمليات الجراحية التي اشتهروا بها وذاع صيتها في كل مكان ، وتلك الأدوية الناجعة التي كانوا يقدمونها للمرضى بعد أن ثبت فعاليتها وكفاءتها .

الأندلسي الحاذق :

ومن أشهر الأطباء العرب الذين ذاعت شهرتهم في البلاد العربية والإسلامية ، واعترف بفضلهم نصفة المؤرخين الأجانب الذين دوّنوا تاريخ العلم عبر الحضارات المختلفة ؛ الطبيب العربي أبو القاسم

الزهراوي الذي يعد أعظم الجراحين العرب على الإطلاق .

وأبو القاسم الزهراوي هو خلف بن عباس ، وقد ولد عام (٣٢٧هـ = ٩٣٨م) وتوفي عام (٤٠٤هـ = ١٠١٣م) في مدينة الزهراء الأندلسية التي كانت عامرة بالعلم .

ونشأ الزهراوي في تلك البلاد التي فتحها المسلمون ، ونهل العلوم من مدارسها المتميزة ، وبرع في أمور عدة ، لكن اهتمامه كان منصباً على الطب بشكل عام والجراحة بشكل خاص ، كما برع في العلوم الصيدلانية ، وكان حسن المشاهدة والتجارب في آن واحد .

أدرك الزهراوي عصري الخليفة عبد الرحمن الثالث وابنه الحكم الثاني ، وكان طبيبهما ، وهو أول من نبغ في الجراحة بين العرب ، وأحد نوابغ الطب العربي الثلاثة الذين كانوا بمثابة المصابيح التي أضاءت منها وبها أوروبة وقناديلها في العلوم الطبية ، وهم : الرازي ، وابن سينا ، والزهراوي ، كما كان أول من استعمل ربط الشرايين لمنع النزف .

نجاحات مشهودة :

وكان الزهراوي أول من ابتكر طريقة دقيقة لقطع الشريان ثم ربطه بغرض علاج الصداع المزمن ، وأول من تمكن من ربط الأوعية الدموية في حالة الإصابة بالتمدد الوعائي (الأنيورزم) ، ومن أسف أنك إذا سألت أحد الطلبة الذين يدرسون الطب عن أول من قام بذلك ، لأجاب : إنه الجراح الإنكليزي جون هنتو .

ويشهد للزهراوي أيضاً بأنه أول من استخدم المحقن (وهو من ابتكاره) في التغذية الصناعية ، وهو أيضاً أول من كون فريقاً متكاملاً من الممرضات لمساعدته في مباشرة أمراض النساء والتوليد .

ويعترف المؤرخون بأن ذلك الطبيب الفذ كان أول من أوصى برفع

منطقتي الحوض والأرجل قبل إجراء عملية جراحية في الجزء الأسفل من الإنسان ، وهو القائل : إن كان المرض في أعلى البطن فيجعل رأس المريض وصدره أرفع من أسفل ، وينسب هذا القول خطأ للجراح الألماني فريدريك ترند لنبورغ .

ونجح الزهراوي في علاج الكثير من الأمراض الشائعة في عصره ؛ مثل : تشوهات الفم والفك والأسنان ، واستعمل في علاجها آلات جراحية مبتكرة ، مثل العقّافة والمبرد والكلاليب ، كما نجح في إجراء عملية شق القصبة الهوائية .

ويذكر المؤرخون أن الزهراوي نجح أيضاً في استئصال الأورام الليفية في الأغشية المخاطية وسرطان الثدي ، كما نجح في علاج الناسور الدمعي ، وكان يستعمل في علاجه المكواة المحدبة والمكواة المجوفة .

ومن العمليات الجراحية المشهورة لذلك الطبيب الأندلسي الحاذق نجاحه في علاج السل الناشئ في فقرات الظهر ، (وهذه العملية تنسب خطأ إلى الجراح الإنكليزي برسفال بوت) ، كما نجح في استحداث طرق مفيدة للتحايل على حصيات الكلى والمثانة والمجاري البولية وتفتيتها وإخراجها .

التصريف لمن عجز عن التأليف :

من أهم مؤلفات الزهراوي كتابه الفذ « التصريف لمن عجز عن التأليف » ، وهو كتاب جامع لأبواب الطب كلها ، وظل طوال خمسمئة عام عمدة المشتغلين بالجراحة في أوروبة ، ويشتمل الكتاب على ثلاثين مقالة جامعة للعلوم الطبية المعروفة حينذاك .

وتكلم الزهراوي في هذا الكتاب عن جراحة العين والأذن والفتق ، وعن تفتيت الحصى في المثانة ، وعن تعقيم الجراح ، وتشريح الأجسام

ميتة وحية ، وضمّن بعض فصول كتابه رسوماً لآلات جراحية ، يزيد عددها على مئتين .

وقسم الزهراوي هذه الموسوعة الطبية إلى ثلاثة أقسام : أحدها في الطب ، والثاني في الجراحة ، والثالث في الصيدلة .

ويتميز الكتاب بكثرة رسومه ووفرة أشكاله التي تصور الآلات التي كان يستعملها الزهراوي في جراحاته ، وأكثرها من ابتكاره ، وقد ترجم الكتاب إلى لغات عدة ، وفي عام ١٧٧٨م ظهرت أول ترجمة إنجليزية للجزء الخاص بالجراحة ، وفي عام ١٨٩٨م ظهرت الترجمة الفرنسية لهذا الجزء .

وللزهراوي مؤلف آخر مشهور هو كتابه « أعمار العقاقير المفردة ، والمركبة » ، ويتألف هذا الكتاب من مقدمة وعدة أبواب مقسمة إلى عدة فصول ، يختص كل منها بالحديث عن نوع معين من العقاقير من حيث تسميته وطريقة تحضيره وفوائده الطبية ، وما يميز هذا الكتاب أن الزهراوي فصل فيه أسماء النباتات والأعشاب الطبية بلغات كثيرة .

وتعدُّ المقالة الثلاثون من كتاب الزهراوي « التصريف » أشهر مقالات الكتاب ، وقد بحث فيها عمل اليد والصناعة الجراحية في أحوال الجبر والكسر والخلع والكي والفصد والجراحات ، وكانت هذه الصناعة متدنية متروكة تكاد تندرس ، سوى رسوم يسيرة باقية في كتب الأوائل ، فأحيا الزهراوي هذه الصناعة وهي رميمة ، لتقف وسط المهن الصحية الأخرى تنافسها وتنهض بها لخير النتائج والأفعال .

عمليات جراحية وتنبيهات مفيدة :

كان من الطبيعي أن تنال الجراحة الفكية الوجهية نصيباً كبيراً من اهتمامات الزهراوي ، وأن يخصص لها الصفحات الطوال لكي يعرض

فيها الحالات الجراحية الفكية التي تصدى لمعالجتها ، مع بيان التشخيص التفريقي لكل حالة ، وتوصياته العامة التي يعرضها ، وما يراه مناسباً لحصول البرء والشفاء العاجل .

في البداية ينبه كل طبيب يريد أن يتخصص في فرع الجراحة إلى ضرورة الاطلاع وقراءة الكثير من الكتب الطبية ، ثم التدرب الكافي حتى يكتسب الخبرة الضرورية التي تؤهله للقيام بالمداخلات الجراحية ، كما يوصيه بأن يتعرَّف بشكل جيد إلى الأدوات الجراحية اللازمة ، وأن لا يمنعه ذلك ـ إذا دعت الحاجة ـ إلى استنباط أدوات جراحية جديدة ، أو إدخال تحسينات على تلك المستخدمة ، إن كانت لا تفي بالغرض .

ويقدم الزهراوي نصيحة ثمينة للعاملين في المجال الطبي حين يقول : « إن صناعة الطب طويلة ، وينبغي لصاحبها أن يرتاض من قبل ذلك في علم التشريح ، حتى يقف على منافع الأعضاء وهيئاتها ومزاجاتها واتصالها وانفصالها ، ومعرفة العظام والأعصاب والعضلات وعددها ومخارجها ، والعروق النوابض والسواكن ومواضع مخارجها » .

ويتبين من الملاحظات الشخصية التي يذكرها في كتبه أنه كان طبيباً مزاولاً وجراحاً عملياً ، فهو يذكر في إحدى المقالات أربع حالات جراحية شهدها بنفسه ، وكلها انتهت نهايات مؤسفة نتيجة جهل الأطباء الذين قاموا بمداخلاتهم الجراحية من غير مران كاف في التشريح ، ومن غير معرفة جيدة باستخدام الأدوات الجراحية .

الزهراوي في عيون المؤرخين :

أثنى عدد كبير من المؤرخين والعلماء على الزهراوي بسبب إبداعه وكتبه ، وما ورد عنه من تجارب جراحية ناجحة ، فقد وصفه سارتون بأنه أكبر جراحي الإسلام ، وقال عنه ابن أبي أصيبعة : كان الزهراوي طبيباً

فاضلاً خبيراً بالأدوية المفردة والمركبة ، جيد العلاج ، ومع أنه اشتهر بالجراحة خاصة إلا أنه جمع بين فروع الطب ، وكان ماهراً فيها جميعاً حتى صح فيه القول : هو أشهر الأطباء العرب الثلاثة ، صنواه : الرازي وابن سينا .

وترى المؤرخة الألمانية زيغريد هونكه أن الفضل يرجع للزهراوي في وضع أسس الجراحة الحديثة في أوروبة والسمو بهذا النوع من الطب بعد أن كان ينظر إليه في الغرب نظرة ازدراء .

أدوات دقيقة :

ابتكر الزهراوي أدوات طبية عديدة أسهمت في ذيوع شهرته ، وساعدته على إجراء عملياته الجراحية المختلفة ، ويبدو أن الحاجة الماسة إلى وجود مثل هذه الأدوات دفعته إلى إبداع هذه الآلات التي ما زالت موجودة في عدد من المتاحف العلمية ، ومدونة في الكتب الطبية .

ويلاحظ أن الزهراوي يعالج علم الجراحة على أساس كبير من المعرفة ، وبشيء كثير من التفصيل ، ومقالته في الجراحة تعد أول دراسة معقولة للموضوع مشروحة بصور للأدوات الجراحية التي كان يستخدمها ، فقد زود كتابه الجراحي بمئتي صورة توضيحية للأدوات التي تستخدم في الجراحة والشق على الأورام ، ومنها :

١ـ المدسات (Explorer) :

ذات الأحجام المختلفة التي تصنع من الحديد والفولاذ ، وهي أشبه ما تكون اليوم بإبرة البزل ، ويستخدم المدس لاستقصاء محتوى الكيسات أو الأورام .

٢ـ المسابير (probes) :

وهي ذات أحجام مختلفة ، وتستخدم لسبر النواسير والأورام ، وتصنع من النحاس أو الرصاص ، إذ إن الأخيرة يمكنها أن تنعطف حين استخدامها لاستقصاء النواسير .

٣ـ الصنانير (Hooks) :

وهي ذات حجوم مختلفة وأشكال عديدة ، ومنها ما يكون مزوداً بخطاف أو اثنين وربما ثلاثة ، وتستخدم لتعليق الأورام حين العمل على استئصالها .

٤ـ المشارط (Scalpels) :

لها أحجام مختلفة ، وتستخدم لشق الأورام وتسليخها .

٥ـ المخادع (Deceivers) :

وهي على شكل من أشكال المشارط ، تصنع من النحاس ، طرفها الواحد يشبه الملعقة ، ويتألف من طبقتين توضع بينهما شفرة مخفية .

٦ـ المباضع الصغيرة التي تُستَر ما بين الأصابع :

وتستخدم أثناء شق الأورام ، وتُستَر بين الأصابع ، بحيث لا يمكن للمريض مشاهدتها وهي ذات أحجام مختلفة .

وتدل بعض القرائن على أن الزهراوي هو الذي ابتكر معظم ما كان يستخدمه من أدوات جراحية ، ولئن كان بعضها معروفاً فهو قد أدخل عليه تحسينات وطوعه للاستعمال الطبي ، وجرب فاعليته بنفسه في العمل .

وقد شرح في كثير من الأحيان منفعة الأدوات الجراحية التي صوّر

أشكالها ، وبيَّن المادة التي تستعمل في صنعها وطريقة استخدامها ، واكتفى في بعض الأحيان بذكر اسم الأداة التي يتعين الاستعانة بها .

* * *

المصادر والمراجع

* إسهامات العرب في علم الفلاحة ، الندوة العالمية الثامنة لتاريخ العلوم عند العرب ، الكويت ، ١٩٨٨م .

* إسهامات العرب في علم المياه والري ، الندوة العالمية الثامنة لتاريخ العلوم عند العرب ، الكويت ، ١٩٨٨م .

* إسهام علماء المسلمين الأوائل في تطور علوم الأرض ، د . زغلول النجار . د . علي الدفاع ، مكتب التربية لدول الخليج العربي ، الرياض ، ١٩٨٨م .

* أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية ، د . جلال شوقي ، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، ١٩٩٥م .

* إضاءة زوايا جديدة للتقنية العربية ، المهندس لطف الله قاري ، مطبوعات مكتبة الملك فهد الوطنية ، الرياض ، ١٩٩٦م .

* تاريخ الرياضيات العربية ، د . رشدي راشد ، مركز دراسات الوحدة العربية ، بيروت ، ١٩٨٩م .

* تخطيط وعمارة المدن الإسلامية ، خالد محمد عزب ، سلسلة كتب الأمة ، الدوحة ، ١٤١٨هـ .

* علم الهندسة والمناظر في القرن الرابع الهجري ، د . رشدي راشد ، مركز دراسات الوحدة العربية ، بيروت ، ١٩٩٦م . .

* العلوم الإسلامية ، أحمد شوقي الفنجري ، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت ، ١٩٨٥م .

* العلوم العقلية في المنظومات العربية ، د . جلال شوقي ، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت ، ١٩٩٠م .

* قضايا في التراث العلمي العربي ، محمود الصغيري ، اتحاد الكتاب العرب ، دمشق ، ١٩٨١م .

* المراصد الفلكية في العالم الإسلامي ، د . آيديين صايلي ، ترجمة د . عبد الله العمر ، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت ، ١٩٩٥م .

* معالم الحضارة العربية في القرن الثالث الهجري ، أحمد عبد الباقي ، مركز دراسات الوحدة العربية ، بيروت ، ١٩٩١م .

* مقدمة علم الساعات والعمل بها ، رضوان بن أحمد الساعاتي ، تحقيق محمد أحمد دهمان ـ مكتب الدراسات الإسلامية ، دمشق ، ١٩٨١م .

* المهندسون في العصور الإسلامية ، أحمد تيمور باشا ، لجنة نشر المؤلفات التيمورية ، دار نهضة مصر للطبع والنشر ، القاهرة بلا تاريخ .

* موسوعة تاريخ العلوم العربية ، إشراف د . رشدي راشد ، مركز دراسات الوحدة العربية ، بيروت ، ١٩٩٧م .

* المؤتمر العالمي لتاريخ الحضارة العربية الإسلامية ، وزارة التعليم العالي ، دمشق ، ١٩٨١م .

* نشأة العلوم الطبيعية عند المسلمين في العصر الأموي ، المهندس لطف الله قاري ، دار الرفاعي ، ١٩٨٦م .

المحتوى

المقدمة ٥

التجربة والمشاهدة في التراث العلمي العربي ٩

ميزان التجربة والمشاهدة ١٠

على بساط الواقع ١١

١ـ في مجال الطب ١١

٢ـ في النبات ١٢

٣ـ في الفلك والميكانيك ١٣

٤ـ في الكيمياء والفيزياء ١٥

ابن الهيثم وبيكون ١٦

الرسم المعماري في التراث العلمي العربي ١٩

أولاً: مبادىء هندسية ٢٠

ثانياً: عناصر من العمارة الإسلامية ٢١

١ـ عناصر بناء أو إنشاء ٢١

٢ـ عناصر جمالية ٢١

ثالثاً: عناصر البناء: ٢٢

١ـ العقود ٢٢

٢ـ القباب ٢٢

٣ـ المآذن ٢٣

٤ـ المساجد ٢٣
الرسم الهندسي عند العرب ٢٥
بدايات عربية ٢٥
الهندسة الوصفية ٢٦
علوم أساسية ٢٧
١ـ علم الأُكر ٢٧
٢ـ علم المخروطات ٢٧
٣ـ علم المساحة ٢٨
٤ـ علم المناظر ٢٨
رسوم ميكانيكية ٢٨
أساسيات التخطيط العمراني في المدن العربية القديمة ٣١
شمولية حضارية ٣٢
معالم حضارية ٣٣
تراث هندسي: المنشآت الحربية في سلطنة عمان ٣٥
١ـ الأسوار ٣٦
٢ـ الأبراج ٣٧
٣ـ الحصون ٣٨
٤ـ القلاع ٣٩
مميزات معمارية ٣٩
أ ـ المنشآت الداخلية ٣٩
ب ـ المنشآت الخارجية ٤٠
مواد البناء في المباني القديمة ٤٣

شواهد خالدة ٤٤
مواد البناء ٤٤
١ـ الخشب ٤٥
٢ـ الأحجار ٤٥
٣ـ الطوب ٤٦
٤ـ الآجر ٤٧
٥ـ اللبن ٤٧
رقابة على البناء ٤٨
العمران الكويتي القديم ٥١
العوامل الطبيعية ٥١
حيان قديمان ٥٢
المنازل القديمة ٥٣
التصميم الداخلي ٥٤
أهم المواد المستخدمة في البناء ٥٥
١ـ اللبن ٥٥
٢ـ الصخر ٥٥
٣ـ الرماد ٥٥
٤ـ الجص ٥٥
٥ـ الحشري ٥٦
٦ـ الحُصْحُص ٥٦
٧ـ الجندل ٥٦
٨ـ الباسجيل ٥٦
٩ـ البواري والمناقير ٥٦

١٠ـ الطاري ٥٦
وسائل البناء القديمة ٥٦
١ـ الصخين ٥٦
٢ـ الهيب ٥٦
٣ـ الجدوم ٥٧
٤ـ الزبيل ٥٧
٥ـ الجيلة ٥٧
٦ـ الخيط ٥٧
٧ـ البلْد ٥٧
قوانين الحركة في التراث العلمي العربي ٥٩
التجربة أكبر برهان ٥٩
قوانين الحركة ٦٠
القانون الأول ٦٢
القانون الثاني ٦٣
القانون الثالث ٦٤
علم الميكانيك (الحيل) في التراث العلمي العربي ٦٧
علم الحيل ٦٨
الحيل: لغة واصطلاحاً ٦٨
الهندسة وعلم الحيل ٦٩
بنو موسى وكتاب الحيل ٧٠
ابن الجزري ٧٢
ابن المعروف ٧٣

علم السكون (الستاتيكا) في التراث العلمي العربي ٧٥
النصوص الأولى ٧٦
تيارات رئيسية ٧٧
مسائل علم السكون ٧٨
١ـ الوزن، الثقل ٧٨
٢ـ مركز الثقل ٨٠
٣ـ مبدأ الرافعة: توازن منظومة من أجسام عدة ٨١
الجاذبية في التراث العلمي العربي ٨٣
قوانين نيوتن ٨٤
الجاذبية والتثاقلية ٨٥
بين التنظير والتجريب ٨٥
طاقة الكمون ٨٦
قوة الجذب ٨٧
قوة التشاقل ٨٧
الميل الطبيعي ٨٨
التساقط الحر للأجسام ٨٩
الأثقال والموازين في التراث العلمي العربي ٩١
بدايات حضارية ٩٢
متابعات عربية ٩٣
١ـ جهود الرازي ٩٣
٢ـ جهود البيروني ٩٣
٣ـ جهود الخيام ٩٤
٤ـ جهود الخازني ٩٤

بين الوزن والثقل ٩٥
موازين هيدروستاتيكية ٩٦
١ـ الموازين المتساوية الذراعين ٩٦
٢ـ الموازين غير المتساوية الذراعين ٩٧
المضخات إنجاز عربي فذ ٩٩
علوم مرتبطة بالحياة ١٠٠
مضخة الجزري ١٠٠
ابن معروف على خُطى الجزري ١٠١
المضخة ذات الأسطوانات الست ١٠٣
الهندسة المائية في التراث العلمي العربي ١٠٥
إنجازات تستحق التقدير ١٠٥
الجزري وابن معروف ١٠٧
قنوات المياه ١٠٧
تجربه أندلسية ١٠٨
وثيقة في الهندسة المائية ١١٠
آلات رفع الماء في التراث العلمي العربي ١١٣
نظرة تاريخية ١١٤
إنجازات عربية فذة ١١٥
١ـ آلة ترفع الماء من غمرة إلى مكان مرتفع بداية تدير سهماً ... ١١٥
٢ـ آلة ترفع الماء باستعمال زنجير ودلاء ١١٦
٣ـ آلة إخراج الماء بالمغرفة المتأرجحة ١١٦
٤ـ آلة سحب الماء في أسطوانتين متعاكستين ١١٧

٥ـ المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين ١١٧
٦ـ المضخة الحلزونية ١١٨
٧ـ مضخة الحبل ذي أكر القماش ١١٨
٨ـ المضخة ذات الأسطوانات الست ١١٩
قنوات المياه في التراث الهندسي العربي ١٢١
القنوات المائية ١٢١
ضبط الميل ١٢٢
الأفلاج ١٢٢
عمليات محكمة ١٢٣
اختيار المسارات ١٢٤
تعاون متكامل ١٢٥
فهم هندسي للظواهر الهيدروليكية ١٢٦
الساعات المائية في التراث العلمي العربي ١٢٧
التطور التقاني ١٢٨
الساعات المائية ١٢٩
ساعات تاريخية ١٢٩
آلة ميكانيكية رائعة ١٣٠
خاتمة ١٣١
آلية عمل الساعة المائية ذات الغزلان ١٣٣
السلامة الصناعية في التراث العلمي العربي ١٣٥
الاهتمام بالسلامة الصناعية والبيئية ١٣٦
التصنيف البيئي لأعمال السوق ١٣٧
الوقاية من الحرائق ١٣٧

سلامة الأبنية ومواد البناء ١٣٨
التهوية وسلامة التنفس ١٣٨
أ ـ الحمامات ١٣٩
ب ـ الأسواق ١٣٩
د ـ التعدين وحفر الآبار ١٤٠
الانجازات الفلكية في الحضارة العربية الإسلامية ١٤١
مسميات متعددة ١٤٢
فائدة علم الفلك وأهميته ١٤٢
بداياته ومراحل تطوره ١٤٣
المراصد الفلكية وآلاتها ١٤٥
الإنجازات الفلكية العربية ١٤٧
الشعائر الإسلامية وأثرها في تطور علم الفلك ١٤٩
المراصد الفلكية ١٥٢
حسابات دقيقة ١٥٣
الزهراوي... رائد الجراحة ١٥٥
الأندلسي الحاذق ١٥٥
نجاحات مشهودة ١٥٦
التصريف لمن عجز عن التأليف ١٥٧
عمليات جراحية وتنبيهات مفيدة ١٥٨
الزهراوي في عيون المؤرخين ١٥٩
أدوات دقيقة ١٦٠
١ ـ المدسات ١٦٠
٢ ـ المسابير ١٦١

٣ـ الصنانير ١٦١
٤ـ المشارط ١٦١
٥ـ المخادع ١٦١
٦ـ المباضع الصغيرة التي تُستَر ما بين الأصابع ١٦١
المصادر والمراجع ١٦٣
المحتوى ١٦٥

* * *