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 .

* * *