الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا للأساتذة - الشيخ محمد البشير الإبراهيمي

القبة – الجزائر

مجلة بشائر العلوم

فصلية، ثقافية، علمية، تعميمية

تصدرها المدرسة العليا للأساتذة، الشيخ محمد البشير الإبراهيمي

القبة – الجزائر

العدد 3 : جوان 2022

فهرس العدد 3	
تاريخ علوم	
من مصادر تاريخ العلوم في الحضارة الإسلامية	مخلوف حمودي
مفهوم التربية الموسيقية وتاريخها	العمري سوادة
العسكري والشاعر والرياضياتي سليم الجزائري (1879- 1916)	محمد مرابط
تعليمية	
تأملات في مشكلة البحث العلمي	صادق بوروبي
قضايا تتعلق بالتكوين الأولي للمدرّسين (2)	محمود شنتي
أطر التفكير ونظرياته (2 :)الأنظمة التمثيلية	نوارة بادي
فيزياء وفلك	
أصل الكتلة وأسرار الكون	أمين احريش
علم الفلك عند العلماء المسلمين	مصطفى أولداش
رياضيات ومعلوماتية	
الأعداد القابلة للإنشاء (2)	حمزة خليف
تقديم مجموعات الأعداد الشهيرة باستعمال الطريقة البنائية	عبد الرشيد سعدي
متى لا يجب الوثوق في الحواسيب؟	عبد العزيز شوتري
علوم طبيعية	
دور الأصناف والأنواع المحلية في ضمان استقرار النظم الفلاحية في ظل التغيرات البيئية الكبرى	خالد العايش
دورة القارات العظمى و"رقصة" القارات الصغرى عبر الأزمنة الجيولوجية	زوهير عجريد وآخرون
شخصية العدد	
صالح نصر ، المدير العام لقصر العلوم بالمنستير	حاوره : أبو بكر خالد سعد الله
عرض كتاب	
كتاب الأسرار لأبي بكر الرازي	بوبكر ناجمي

كلمة العدد

ها قد وصلنا بـ بشائر العلوم إلى العدد الثالث، وقد شرعنا في تحضيرات العدد الرابع المزمع إصداره خلال شهر سبتمبر 2022. كل هذا بفضل تعاون السادة الكُتّاب من داخل المدرسة العليا للأساتذة، الشيخ محمد البشير الإبراهيمي، وخارجها، وكذا بفضل تفاني الطاقم التقني. فلكل هؤلاء نوجّه جزيل شكرنا.

والشكر موصول أيضا لطاقم مركز البحث في الإعلام العلمي والتقني (CERIST) الذي سعى إلى التعريف بصدور المجلة على نطاق واسع. وبفضل ذلك سجلنا بفخر خلال 18 يوما من أيام الفترة الممتدة من 16 ماي إلى 6 جوان 2022 ما يفوق 1960 تحميلا لمقالات العددين الأول والثاني للمجلة؛ وهذا فضلا عن المراسلات التي تلقيناها للتنويه بالمجلة، ومن أجل نشر مقالات في أعدادها القادمة. ويلاحظ القارئ بهذا الصدد أن نصف مقالات هذا العدد بأقلام أساتذة من خارج مؤسستنا. ذلك ما يشجع هيئة التحرير على المضيّ قُدما في إنجاز مشروع المجلة الرامي إلى نشر الثقافة العلمية على أوسع نطاق.

أما محتوى هذا العدد فيتضمن خمسة محاور، إضافة إلى الركنيْن "شخصية العدد" و"عرض كتاب". وهكذا تناولنا في المحور الأول قضايا مرتبطة بتاريخ العلوم وأهلها، وتاريخ الموسيقى وتربيتها، وأبرز مواضيعه مقال يعرّفنا بمصادر تاريخ العلوم في الحضارة الإسلامية بقلم المرحوم الأستاذ مخلوف حمودي اقتبسناه، إثر وفاته، من أحد مؤلفاته التي لم تصدر بعد، تخليدا لذكراه!

كما خصّصنا محورا للتعليمية واصلنا فيه التطرق إلى قضايا التكوين الأولي وأطر التفكير، وهما موضوعان بدأنا الخوض فيهما على صفحات العدد السابق من المجلة. كما تضمن هذا المحور تأملات في مشكلة البحث العلمي. ثم انتقلنا إلى الفيزياء وتعرّفنا على الكتلة وبعض أسرار الكون. وعرجنا على علم الفلك عند العلماء المسلمين قبل الانتقال إلى الرياضيات والمعلوماتية. ففي الرياضيات أنهينا حديثنا الذي بدأناه في العدد السابق حول الأعداد القابلة للإنشاء، وقدمنا المجموعات الشهيرة في هذا العلم. ثم تساءلنا في علم الحاسوب عن مدى الثقة فيما يقدمه لنا هذا الجهاز من أرقام أثناء إجرائه للعمليات الحسابية.

وقد جمع المحور الأخير بين الفلاحة في ظل التغيرات البيئية الكبرى وتاريخ تشكّل القارات عبر الأزمنة الجيولوجية. وفي ركن شخصية العدد وقع اختيارنا على شخصية تونسية جامعية متميّزة، الأستاذ صالح نصر، المدير العام لقصر العلوم الكائن بمدينة المنستير التونسية. وتعرّفنا من خلال استجوابه على تاريخ وانجازات هذا المركز وعلى تطلعاته في سبيل نشر الثقافة العلمية بين الشباب بوجه خاص. وفي الأخير، اقترح علينا الزميل بوبكر ناجمي عرض "كتاب الأسرار" للعالم الكبير أبي بكر الرازي (المعروف باسم Rhazes في المؤلفات الغربية).

نحن نواصل، بقدر المستطاع، تحسين محتوى بشائر العلوم شكلا ومضمونا بالتعاون بين كافة العاملين على إخراجها والمساهمين فيها بأقلامهم. ولذا نرحّب بكل الملاحظات التي تشاطرنا هدف نشر الثقافة العلمية في كل مكان وخدمة المعلم والأستاذ والتلميذ والطالب حيثما كانوا. وبالله التوفيق.

هيئة التحرير

طاقم المجلة

- **المشرف العام**

مديرة المدرسة : رزيقة مهداوي

- **هيئة التحرير**

رئيس التحرير : الأستاذ أبو بكر خالد سعد الله (قسم الرياضيات)

مديرة التحرير: الأستاذة ليلى زيتوني (قسم الرياضيات)

- **الإشراف التقني :**

الأستاذ علي نصبة (قسم الإعلام الآلي)

المهندسة إيمان براهيمي

تاریخ علوم

من مصادر تاريخ العلوم في الحضارة الإسلامية

المرحوم مخلوف حمودي

أستاذ تاريخ العلوم بجامعة الجزائر والمدرسة العليا للأساتذة بالقبة

(2022/05/14 – 1960)

مخلوف حمودي ... في سطور

ولد المرحوم سنة 1960 في بلدية ترعي باينان (ولاية ميلة). وقد تحصل على شهادة البكالوريا (علوم تجريبية) سنة 1981 بالجزائر، ثم شهادة الدراسات العليا في العلوم الفيزيائية سنة 1986 من جامعة الجزائر، متبوعةً بشهادة الدراسات المعمّقة في الفيزياء النظرية عام 1988. وبعد ذلك، مال إلى دراسة العلوم الإسلامية فنال في هذا الاختصاص شهادة الليسانس من جامعة الجزائر سنة 1992، ثم الماجستير في تاريخ وفلسفة العلوم الإسلامية من جامعة الأمير عبد القادر بقسنطينة سنة 2006. وفي سنة 2011، ناقش شهادة الدكتوراه في نفس الجامعة.

أما مساره المهني، فقد استهلّه بتدريس مادة العلوم الفيزيائية في مرحلة التعليم الثانوي سنة 1986 إلى غاية 2008. وبعد ذلك، انتقل إلى التعليم العالي فكان أستاذا مساعدا، ثم أستاذا محاضرا بجامعة سعد دحلب (البليدة) من سنة 2008 إلى 2012. وتحوّل إثر ذلك إلى كلية العلوم الإسلامية بجامعة الجزائر 1. وترقّى إلى رتبة أستاذ التعليم العالي سنة 2019. وخلال تلك الفترة، كان يعمل كأستاذ مشارك بالمدرسة العليا للأساتذة-القبة، يدرّس فيها تاريخ العلوم.

طلبنا منه منذ مطلع السنة الجارية الإسهام بمقال في مجلة "بشائر العلوم"، ورحّب بذلك، لكنه تأخّر واعتذر بسبب كثرة مشاغله. وقبل 5 أيام من رحيله هاتفناه ملحّين على إرسال المقال الذي وعد به، فأكّد أننا سنستلمه منه خلال عطلة آخر الأسبوع. عندئذ عقّبنا عليه مازحين: "هل تقصد عطلة آخر الأسبوع عند العرب أو عند العجم"؟ فضحك وهو يجيب : "عند العرب"! وكنا ننتظر مقاله مساء يوم الجمعة 13 ماي عازمين على انتظاره حتى مساء الأحد 15 ماي، وإن لم يرسله قبل ذلك التاريخ نعيد الكرّة ونهاتفه مجددًا. وإذا بالهاتف يرنّ على السابعة من صباح يوم الأحد ليعلمنا أحد الزملاء برحيل المغفور له. ولم يصلنا المقال لأن المنيّة وافته يوم السبت 14 ماي.

وشاءت الأقدار أننا التقينا قبل يومين بالأستاذ عامر جعيجع ، صاحب دار النشر "الخلدونية" بالقبة، الذي نشر للمرحوم عدة كتب. وخلال حديثنا معه طلبنا منه أن يزوّدنا بآخر كتاب (لا زال مخطوطا) للمرحوم حتى نستخرج منه نصًا يصلح للإصدار كمقال في مجلة "بشائر العلوم" يعوّض ما وعدنا به تخليدا لذكراه، وعرفانا بمجهوداته في نشر الثقافة العلمية، وتعميما للفائدة التي كان يسعى إليها على الدوام. وهكذا وقع اختيارنا على هذا النص أدناه المأخوذ من مخطوط المرحوم، بعد أن أجرينا عليه بعض اللمسات التي لا تمس بالمضمون وتقتضيها شروط النشر في المجلة. رحم الله الفقيد برحمته الواسعة.

الجزائر، 2022/5/20 أبوبكر خالد سعد الله

لقد شهد المؤلى عزّ وجلّ للغة العربية -لغة القرآن- بكمالها وتمامها وتميّزها عن غيرها من خلال اختياره لها وعاءً لآياته المحكمات. كان للغة العربية الدور الأساسي في حفظ وحمل العلم الإنساني بصفة عامة حيث تُرجم كل ما كان صالحا منه إلى هذه اللغة. والترجمة كانت من مختلف لغات الأمم السابقة. وكان للإسلام دور كبير في حفظ الأمانة الإنسانية التي أؤتمن عليها، وهذا ما شهد به أعداؤه قبل أتباعه. يمكن أن نرتّب المصادر اللازمة لدراسة تاريخ العلوم على النحو الموضح أدناه.

1. النصوص العلمية في الحضارة الإسلامية

نقصد بهذه النصوص كتابات العلماء أنفسهم التي وصلت إلينا في صورتها الأصلية كما صدرت عن أصحبها فعلا، وذلك في الفروع العلمية العديدة عبر عصور الحضارة الإسلامية... مع الأخذ بعين الاعتبار أن ما بقي من هذه النصوص المتفرقة والتي كانت عبارة عن مخطوطات أقل القليل، على حين تعرضت الغالبية العظمى للضياع والتدمير، وبعضها أصابها التحريف والتزييف، مما يقتضي منا النقد والضبط والتحقيق.

وقد أنتقل كمّ كبير من النصوص العربية إلى مكتبات أوروبا، وأمريكا، وروسيا، وبعضه موجود بالمكتبات الخاصة لبعض العائلات العلمية في العالم الإسلامي. وكل ذلك يجعل الرجوع إلى هذه المصادر غير ميسور بل غير ممكن في الكثير من الأحيان.

هناك عملان مهمّان في هذا الشأن:

أ) عمل قام به المستشرق الألماني " كارل بروكلمان (1868 - 1956) في كتابه المعنون "تاريخ الأدب العربي"، وهو يعني بالعنوان كل ما أُلّف في العالم الإسلامي في مختلف مجالات العلوم الإنسانية، والطبيعية، وغيرها.

حصر بروكلمان في هذا العمل حصرا شاملا التراث المخطوط باللغة العربية في سائر مكتبات العالم، مع تقديم نبذة عن المؤلف والمصادر التي أرّخت له، وعدد مؤلفاته، وحدد أرقامها وأماكن وجودها، وبيان ما طبع منها، وما احتوته الطبعات من تعليقات، وشروح، وانتقادات، واختصارات. ورتب بروكلمان كتابه ترتيبا زمنياً، وطبع لأول مرة سنة 1898 في جزأين، وظهرت الترجمة العربية لهذا الكتاب سنة 1959.

ب) عمل قام به العالم التركي المعاصر فؤاد سزكين (1924 – 2018) تحت عنوان "التراث العربي"، جمع مادته من مكتبات قرابة مائة دولة وصدر باللغة الألمانية مُذَيلًا بمجموعة من الفهارس والكشافات للمؤلفين، القدماء والمحدثين، والمحققين، وكذا مختصرات بأسماء الدول والمدن وفهارس المكتبات المشار إليها.

2. أعمال بيبليوغرافية

بالإضافة إلى ذلك، هناك أعمال ببليوغرافية هامة تتناول إنتاج كبار أعلام التراث الإسلامي، نذكر منها على سبيل المثال:

(1) مؤلفات ابن سينا: قام بإنجازها، جورج شحاتة قنواتي بالقاهرة سنة 1950.

(2) مؤلفات الغزالي (أبو حامد): (ت. 505هـ)، قام بإنجازها عبد الرحمان بدوي بالقاهرة سنة 1961.

(3) مؤلفات الفارابي: قام بإنجازها لحسين علي محفوظ وجعفر آل البيت ببغداد سنة 1975.

(4) مؤلفات ابن رشد: قام بإنجازها جورج شحاتة قنواتي بالجزائر سنة 1978.

3. فهارس ومعاجم المؤلفين المسلمين القدماء

(1) كتاب الفهرست: لـأبي الفرج محمد بن إسحاق الوراق، والمشهور بـابن النديم. ألفه سنة 377هـ وأستهله بقوله: "كتب جميع الأمم من العرب والعجم الموجود منها بلغة العرب وقلمها، في أصـناف العلوم وأخبار مصـنِّفيها وطبقات مؤلفاتهم وأنسـابهم وتواريخ مواليدهم ومبلغ أعمارهم وأوقات وفاتهم، وأماكن بلدانهم ومناقبهم، ومثالبهم منذ ابتداء كل علم اخترع إلى عصرنا هذا وهو سنة سبع وسبعين وثلاثمائة للهجرة.

وهذا الكتاب النفيس لا نظير له فيما يخص تاريخ العلم في عصـره حيث ألتزم فيه صاحبه بالصدق وبقواعد توثيق التاريخ العلمي، فقد حرص في تبيين الكتب التي رآها بنفسـه والتي سـمع عنها. كما يحدد أحجام الكتب التي رآها ويصـفها بملامحها البارزة، ويصـف أوراقها، ويحدد أصـيلها والمنحول منها. كما يذكر مصـادر معلوماته، وهو ما يعرف في عصرنا هذا بالإحالات. والمطلع على كتاب إبن النديم يحكم عليه بأنه مؤرخ للعلم بأتمّ معنى الكلمة.

(2) كتاب طبقات الأطباء: ألّفه أبو داود سليمان بن حسان ابن جُلجُل الأندلسي (ت. 377هـ). ظهر هذا الكتاب في الأندلس في الوقت الذي أُلِّف فيه كتاب الفهرست السـالف الذكر في بغداد، وكتاب ابن جلجل من الوثائق الهامة في تاريخ العلوم حيث ذكر لنا أعظم علماء الطب، والفلسـفة من اليونان في مدرسـة الإسـكندرية على الخصـوص، وكذلك علماء السريان والفرس، ثم علماء الإسلام المشارقة سيما من سكن منهم بلاد الأندلس.

جاء ترتيب الأطباء والحكماء في تسـع طبقات مقسـمة مكانا وزمانا. وقد انتفع من مادة هذا الكتاب مؤرخو العلوم الإسلامية الذين جاءوا من بعده، من أمثال صاعد الأندلسي، وابن أبي أوصيبعة.

(3) كتاب تاريخ الحكماء: مؤلفه جمال الدين أبو الحسن علي بن يوسف بن إبراهيم بن عبد الواحد بن موسى، الملقب بالقاضي الأكرم، والشائع بـابن القفطي. تم تأليف هذا الكتاب سنة 624هـ/1228م. والمتداول بين أيدينا الآن مختصر لهذا الكتاب، ويحتوي على 414 ترجمة لعلماء اليونان والعرب ممن اشتهروا بالعلوم، والفلسـفة، والطب، والرياضيات، من أقدم الأزمان إلى أيام المؤلف.

(4) كتاب عيون الأنباء في طبقات الأطباء: ألّفه موفق الدين أبو العباس أحمد بن القاسـم بن خليفة الخزرجي المعروف بابن أبي أصيبعة (ت. 668هـ/1270م). وقد ذكر المؤلف في صدر كتابه أنه قصد إلى أن "يذك نُكتاً وعيونا في مراتب المتميزين من الأطباء القدماء والمحدثين ومعرفة طبقاتهم على توالي أزمنتهم". وورد في الكتاب ما يزيد على 380 ترجمة رُتّبت على حسب البلاد وتوالي الطبقات.

(5) كتاب مفتاح السـعادة ومصـباح السـيادة : **تأليف** المؤرخ التركي طـاشْـكُبْري زَادَه (901هـ/1495م-968هـ/1561م)، حصر فيه الكتب المؤلفة في مختلف المعارف، ويورد أجزاء من الكتب ذاتها.

(6) كتاب كشـف الظنون عن أسـامي الكتب والفنون: لمصـطفى بن عبد الله الملقّب بـحاجي خليفة، المتوفي سـنة 1068 هـ بالقسطنطينية. وتضمن هذا الكتاب معجما لعناوين كل الكتب باللغة العربية، والتركية، والفارسية التي توصّل المؤلف لرؤيتها أو معرفة أسمائها.

صـرف المؤلف عنايته في جمع أشـتات الأسـفار ولَمّ المتفرّق من الأخبار في خزائن مدينتي حلب السـورية، والقسـطنطينية، ويصـف منهجه في التأليف بقوله: "فكل ما له اسـم ذكرته في محله مع مصـنفه وتاريخه ومتعلقاته، ووصفه تفصيلا وتبويبا، ومما أشرت إلى ما رُوى عن الفحول من الرَّد والقبول. وأوردت أيضا أسماء الشروح والحواشي...وما ليس بعربي قيدته بأنه تركي أو فارسـي أو مترجم ليزول به الإبهام، وأشـرت إلى ما رأيته من الكتب بذكر شـيء من أوله للإعلام، وهو أعون على تعيين المجهولات ودفع الشبه...".

ويحتوي الكتاب على 14501 اسم من أسماء العلماء في مختلف أصناف العلم. فلا شك في أن هذا الكتاب يُعدّ أوسع ببليوغرافيا عربية تكشف عن صورة الحياة العقلية والعلمية في تنوعها منذ بداية عصر التأليف حتى القرن الحادي عشر الهجري. وقد ظهرت للكتاب عدة طبعات.

(7) معجم المطبوعات العربية والمعربة: تأليف يوسف إليان سركيس (ت1932).

(8) كتاب الذريعة إلى تصانيف الشيعة: تأليف أغا بزرك الطهراني (1293هـ-1389هـ)، ويهتم بعلماء الشيعة على الخصوص.

4. تراجم الأعلام

فضلا عما ذكرنا سلفا، عرفت المكتبة العربية وفرةً من المصنفات التي أرّخت للحياة العقلية لعلماء الإسلام، واهتمت في معظمها بحياتهم الخاصة والعلمية وبالأزمنة التي عاشوا فيها، وبتواريخ الميلاد، والوفاة لكل منهم، وبمناقبهم. واهتمت أيضا بحصر مؤلفاتهم التي نذكر منها ما يلي:

(1) كتاب وفيات الأعيان: تأليف ابن خَلِكان (ت. 681هـ).

(2) كتاب فوات الوفيات: تأليف ابن شاكر الكُتبي (ت. 764م)، وجاءت فيه نحو 600 ترجمة.

(3) كتاب الوافي بالوفيات: تأليف ابن أبيك الصّفدي (ت. 764هـ).

وتقوم الكتب الثلاثة السابقة على تواريخ الوفاة، ولم تذكر من لم يُعلم له تاريخ الوفاة، وتلتزم بالترتيب الهجائي للأعلام.

5. المعاجم العامة والعلمية المتخصصة

المعاجم العامة والعلمية المتخصصة مثل اللغة الشهيرة للألفاظ والمعاني الدخيلة والمعربة، وكذلك كتب الفروق اللغوية، فضلا عن المعاجم الاصطلاحية التي تتناول العلوم والفنون الإسلامية مثل:

(1) مفاتيح العلوم: لأبي عبد الله محمد بن يوسف الكاتب الخوارزمي.

(2) التعريفات: للشريف الجرجاني.

(3) كشاف اصطلاحات الفنون: للتاهانوي.

(4) جامع العلوم في اصطلاحات الفنون: لأحمد الكفوي.

(5) الجامع لمفردات الأدوية والأغذية: لأبي محمد بن عبد الله بن البيطار المتوفي سنة 664هـ.

(6) معجم مفيد العلوم ومبيد الهموم: لأبي بكر الرازي، وهو تفسير للألفاظ الطبية واللغوية الواقعة في كتاب سابق له في موضوع الطب.

6. المستشرقون وتحقيق التراث العلمي في الحضارة الإسلامية

للمستشرقين في الكشف عن تاريخ العلوم في الحضارة الإسلامية فضل عظيم يعترف لهم به كل من له قليل من اطلاع في هذا المجال، فلقد تناولوه بالدرس وتحقيق النصوص، والمقارنة بينه وبين أصوله اليونانية والهندية، وتأثيره في أوروبا خلال العصر الوسيط وأوائل العصر الحديث، واعترف الكثير منهم بفضل العلوم الإسلامية على الحضارة الغربية المعاصرة،

دعنا نذكر بعض ما أسهم به هؤلاء المستشرقون في دراسة تاريخ الكيمياء والطب في الحضارة الإسلامية.

أ) علم الكيمياء

ترتبط نشـأة علم الكيمياء عند المسـلمين بالأمير خالد بن يزيد بن معاوية، لكن نموّها وتطورها الكبير كان على يد العالم الجليل جابر بن حيان. وقد اعتنى بدراسة علم الكيمياء في الحضارة الإسلامية المستشرقون:

(1) يوليوس روسكا : ألّف كتاب بعنوان "الكيميائيون العرب" الذي طبع سنة 1924.

(2) مارسـلان برتيلو : اعتنى بكيمياء جابر بن حيان في كتابه "الكيمياء في العصـر الوسـيط" الذي طبع في باريس سـنة 1893، اعتمد المؤلف على ترجمات أعمال جابر بن حيان إلى اللغة اللاتينية، وأثبت في الوقت ذاته أن جابر عُرف في المصادر اللاتينية أكثر مما عُرف في الكتب العربية.

(3) هولميرد: قام بأول دراسة جدية لمؤلفات جابر بن حيان المكتوبة باللغة العربية، ونشر بعض رسائله.

(4) بول كراوس : قام بدراسـة مسـتقصـاة في علم الكيمياء عند المسـلمين، وركز على أعمال محمد بن زكرياء الرازي، إلى جانب جابر بن حيان، حتى صـار من كبار المختصـين في تاريخ الكيمياء عند المسـلمين، وحقق كل أعمال جابر ابن حيان في هذا المجال. ومن بين أعماله بحث تحت عنوان "مختار رسـائل جابر بن حيان" الذي طبع سـنة 1935 بمطبعة الخانجي (القاهرة)، جاء فيها نماذج لأبحثه في الكيمياء وأخرى لأبحاثه في الفيزياء، كما نشـر رسـائل جابر كاملة. وأما العمل العظيم لهذا المسـتشـرق في ميدان البحث في الكيمياء عند المسـلمين فيتمثل في كتابه عن جابر بن حيان الذي ظهر في جزئين ضمن مطبوعات المعهد المصري (المجلد 44، 45) سنة 1945.

(5) لين ثورنديك: له كتاب تحت عنوان "تاريخ السـحر والعلم التجريبي في الثلاثة عشـر قرنا الأولى من ميلاد المسـيح". اعتمد المسـتشـرق في كتابه على الترجمات اللاتينية للمؤلفات العربية، بيّن فيه الدور الكبير الذي قام به علماء الإسـلام في إبعاد السـحر والتنجيم عن علم الكيمياء وتحويله إلى علم قائم على التجربة، مما أكسـبه دفعة قوية في تقدمه.

(6) هلموت رتر : قام بتحقيق ونشر كتاب "غاية الحكيم وأحق النتيجتين بالتقديم" الذي ألّفه مسلمة بن أحمد المجريطي (ت. 398هـ) الرياضي الأندلسي المشهور. طُبع هذا العمل سنة 1933 بمطبعة ليبتسك.

أما ثاني شـخصـية علمية كان لها أثر كبير في علم الكيمياء فهو محمد بن زكرياء الرازي الطبيب الكبير (251هـ- 313هـ). وأبرز من أعتنى بأعماله المستشرق اليهودي يوليوس كراوس السالف الذكر. فقد ترجم كتابه المعنون "سر الأسرار" بعد أن قدم له وشرحه. كما قام بعدة أبحاث عن الرازي منها:

(أ) الرازي رائداً الكيمياء جديدة: مقال نشر في مجلة DLZ سنة 1932.

(ب) الكيمياء في العراق وفارس في القرن العاشر الميلادي: مقال في مجلة der Islam سنة 1928.

(ج) كيمياء الرازي : مقال في مجلة Der Islam سنة 1935.

وتجدر الإشـارة كذلك إلى أعمال العالم المسـلم أبي عبد الله محمد بن أميل التميمي (ق. 4هـ) في ميدان الكيمياء، ومنها كتاب لا يزال مخطوطا بدار المخطوطات بالقاهرة تحت عنوان "رسـالة الشـمس إلى الهلال". وقد خصّه المستشرق يوليوس روسكا بمقالتين:

- الأولى تحت عنوان "كتاب محمد بن أميل التميمي المعنون: الماء الورقي والأرض النجمية" صدرت في مجلة OLZ سنة 1934.

- الثانية تحت عنوان "دراسات عن محمد بن أميل التميمي وكتابه: الماء الورقي والأرض النجمية" صدرت في مجلة Isis في جزءين سنة 1935 وسنة 1936.

ب) في مجال الطب

كانت دراسات المستشرقين الطبية في الحضارة الإسلامية كثيرة، ولا يمكن حصرها، وفي هذا الحقل من العلوم عند المسلمين كانت تلك الأبحاث أشمل وأقدم وأكثر تعمقا واستقصاءً، ولذلك نكتفي ببعض الدراسات العامة في تاريخ الطب الإسلامي، ونتلوه ببعض الدراسات المفردة عن بعض مشاهير الأطباء.

أولا : التاريخ العام للطب في الحضارة الإسلامية

(1) أقدم دراسة للمستشرقين في هذا الباب هو كتاب المستشرق فستنفلد الذي عنونه "تاريخ الأطباء والعلماء العرب" وأصدره لدى مطبعة جتنجن (ألمانيا) سنة 1840.

(2) كتاب "تاريخ الطب العربي" للمستشرق الفرنسي لوسيان لوكلير Lucien Leclere الذي صدر في جزئين سنة 1876 بباريس.

(3) كتاب "الطب العربي" للمستشرق الإنجليزي إدوارد براون الصادر بكمبردج سنة 1921.

(4) كتاب "أطباء العيون العرب" للمستشرق هرشبرج ولبرت ومتفوخ الصادر سنة 1905 في جزئين بمطبعة ليبتسك .

(5) كتاب "مدخل إلى تاريخ العلوم" لمؤرخ العلوم جورج سارتون.

(6) للمستشرق " بلتيمور" كتابان: الأول تحت عنوان "من هوميروس إلى عمر الخيام"، طبع سنة 1927، والثاني تحت عنوان "العلم والتعلم في القرن الرابع عشر" في جزئين، طبع سنة 1936.

ثانيا : دراسات مفردة عن الأطباء في الحضارة الإسلامية

لقد كان اهتمام المستشرقين بالأطباء المشهورين في الحضارة الإسلامية كبيرا جدا حتى لا تكاد تلك الدراسات تحصى لتنوعها وتعددها. نكتفي هنا بالإشارة إلى بعضها:

(أ) دراستان للمستشرق ماكس مايرهوف، أولاهما تحت عنوان "علي بن ربن الطبري: طبيب فارسي في القرن التاسع الميلادي"، والثانية بعنوان "كتاب فردوس الحكمة" صدرتا في مجلة Isis سنة 1931.

(ب) دراسة للمستشرق أ. سيجل A. Siggel تحت عنوان: "أمراض النساء وعلم الأجنة وصحة النساء في كتاب: فردوس الحكمة لأبي الحسن بن علي بن ربن الطبري" نشرت سنة 1942.

وقد نال الطبيب محمد بن زكرياء بسبب شهرته أكبر اهتمام من طرف المستشرقين ونذكر منها:

(1) دراسة للمستشرق ف. برونر تحت عنوان "طب العيون عند الرازي" نال بها شهادة دكتورة في برلين سنة 1900.

وكذلك الدراسة الأكاديمية التي قام بها المستشرق جرتشيشف تحت عنوان "طب العيون عند علي بن العباس"، مع ترجمة إلى الألمانية في رسالة دكتورة بجامعة برلين سنة 1900.

(2) ومن بين الترجمات العديدة إلى اللغة اللاتينية لكتاب: "القانون" لابن سينا، نذكر ترجمة المستشرق بلومبيوس، مع شروح واسعة وتعليقات ممتعة عن أنواع الأدوية التي يذكرها ابن سينا.

(3) قام المستشرق لو كلير بدراسة عنوانها "جراحة أبي القاسم" نشرت بباريس سنة 1961، وتناولت أعمال الطبيب المسلم خلف بن عباس الزهراوي (أبو القاسم). وقد اشتهر الزهراوي بكتابه "التصريف لمن عجز عن التأليف". كما قام المستشرق شارل نيل بدراسة عن أعمال الزهراوي تحت عنوان "جراحة الأسنان عند أبي القاسم ومقارنتها بجراحة الأسنان عند مغاربة طرارزا" نشرت في مجلة طب الفم والأسنان بباريس سنة 1911.

وفي الأخير، نذكر تلك الدراسة التي قام بها المستشرق هرشبرج للكتاب "تذكرة الكحالين" من تأليف الطبيب المسلم علي بن عيسى الكحال (ق. 5ه). كما ترجم هذا المستشرق الكتاب المذكور إلى اللغة الألمانية سنة 1904.

يدل هذا الاهتمام بالتراث العلمي الاسلامي على مدى اعتماد الحضارة الغربية على العلوم في الحضارة الاسلامية وفضل المسلمين على الغرب.

مفهوم التربية الموسيقية وتاريخها

العمري سوادة
أستاذ بقسم الموسيقى، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
lamri.souadda@g.ens-kouba.dz

1. مفهوم التربية الموسيقية

إذا كانت الطبيعة هي التي نُزودنا بالذوق الموسيقي، فالتربية لها دور أساسي في ذلك، لأنها هي التي تخلق فينا ذلك الذوق. إذن فالذوق الموسيقي لا يُكتسب إلاّ إذا كان هناك فعل تربوي، لذا فالتربية الموسيقية هي الوسيلة التي تُكسبنا فن الموسيقى بكل أبعادها.

تعتبر علاقة الموسيقى بالطفل من الميادين الأكثر تناولاً في علم الموسيقى. والتربية الموسيقية لا تقتصر في تربية الطفل على الموسيقى، بل تهتم كذلك بتربيته عن طريق الموسيقى، أي أن الموسيقى ليست فقط هدفًا بل هي كذلك وسيلة تربوية.

إن الموسيقى أداة تربوية لها فاعليتها وتأثيرها على النمو الشامل لشخصية الفرد، ولها أثر على سلوكه وأخلاقه بدرجة تفوق ما يُحقّقه الإرشاد القولي. كما تؤدي الموسيقى دورًا فعالاً في التأثير على النشاط الذهني وتنمية القدرات العقلية، كالقدرة على الانتباه والتمييز وسرعة التفكير وتنمية الخيال والتفكير والابتكار. وتساهم الموسيقى في تنمية القدرة على التعبير الذاتي والتواصل مع الآخرين، فضلا عن تنمية قدرات جسدية كالتنفّس الجيّد والنطق الصحيح والتآزر الحس حركي، إلخ.

كما أن الموسيقى وسيلة تعلّم تساهم بصفة أساسية في تنمية الفرد من الناحية الفكرية والجمالية وتطوّره من الجانب العاطفي. لقد مُيّزت التربية الموسيقية عن التدريس الموسيقي بكون أن التربية الموسيقية لا تعتمد على التعلّم التقني والنظري للموسيقى فحسب كما هو في التدريس الموسيقي، بل تعتمد أساسًا على تنمية الذوق والإحساس لدى التلاميذ، ويُدرج ذلك ضمن التربية العامة.

ويتفق على ذلك الباحث في علم الموسيقى والتربية الموسيقية باسكال تيريان Pascal Terrien الذي يرى أن التربية الموسيقية تندرج ضمن التربية العامة (التدريس العام). فالدرس الموسيقي قد يكون حول: تاريخ الموسيقى، آلة موسيقية، الغناء، الأوركسترا، موسيقى الغرفة، التأليف، إلخ. أمّا أستاذ التربية الموسيقية، فيعتمد في تدريسه على نشاطين أساسيين، هما الغناء والاستماع إلى الأعمال الموسيقية، والتي بدورها ترتبط بإنجاز المشاريع الموسيقية في الأقسام، وذلك عن طريق نشاطات الآلات أو الغناء، سواء كانت فردية أو جماعية.

والتربية الموسيقية هي التدريس الخاص بفن تنظيم وتركيب الأصوات بحسب اللحن والإيقاع والتوافقات وطابع الأصوات والمجال الصوتي والأشكال الموسيقية، وذلك عن طريق الاستماع والأداء والإبداع الصوتي والآلي.

تُعرّف التربية الموسيقية في وزارة التربية الكندية على أنها ذلك التدريس الذي يُعطي الفرصة للتلميذ كي يعيش تجارب موسيقية عديدة، بهدف أن نثير لديه ردود أفعال عاطفية ومعرفية، سواء الشخصية منها أو المرتبطة بظاهرة الصوت. وفي لوكسمبورغ، تُعرّف التربية الموسيقية على أنها ذلك التدريس الذي يعمل على تنمية مهارات التلميذ في مجمل مجالاتها، وتشمل هذه المادة كل من التربية الحسية والارتجال والإبداع والتواصل الاجتماعي.

أما رأينا الشخصي في التربية الموسيقية فننظر إليها على أنها ذلك الفعل التربوي التعلُّمي الذي يقوم من خلاله التلميذ بممارسة نشاطات موسيقية، تتمثل بوجه خاص في الاستماع والغناء والحركات الإيقاعية والإبداع

والابتكار والألعاب الموسيقية ودراسة بعض القواعد والنظريات الموسيقية الضرورية وتوظيفها. وذلك بهدف تمكين التلميذ من أن يكون قادرًا على التعبير عن أحاسيسه ومشاعره بواسطة الموسيقى، وأن يكون له قدر كاف من المعارف والقدرات، وكذا الكفاءات الفنية التي تُمكِّنه من فهم وإدراك -ثم توظيف- أهم العناصر الموسيقية في ممارساته وتعلّماته.

2. تاريخ التربية الموسيقية

للموسيقى والفنون التشكيلية مكانة في النظم التربوية العالمية منذ القدم، وذلك ليس من قبيل الصدفة، بل لكونهما يعملان على تنمية حاستين أساسيتين في الاتصال، ألا وهما السمع والبصر. فالعين والأذن هما النافذتان الأساسيتان اللتان يطل من خلالهما الطفل على المعارف منذ السنوات الأولى من عمره، وهو ما يجعل من تنميتهما في المدارس أمرا ضروريا.

يقول هاوس House وليونهارد Leonhard في هذا السياق أن "تاريخ التربية الموسيقية لا يمكن فصله عن تاريخ الثقافة الإنسانية". أكّد الملحن وعالم الموسيقى جورج فافر Georges Favre (1905-1993) أن تاريخ التربية الموسيقية لم يحظ باهتمام الكُتَّاب، والمراجع حوله قليلة جدًا باستثناء بعض المقالات التي تناولت هذا الموضوع.

ورغم ندرة الكتابات حول الموضوع فإننا نستطيع التأكيد على أن التربية الموسيقية حاضرة في مختلف الحقب التاريخية. ورغم غياب المدرسة في عصر ما قبل التاريخ فانتقال الثقافة الموسيقية من جيل إلى آخر كان موجودا، وذلك عن طريق التقليد العفوي لما يسمعه الصغار من الكبار، سواء في الغناء أو العزف على الآلات الإيقاعية، إلخ. أما في العصور القديمة فقد احتلت التربية الموسيقية مكانة هامة في النظام التربوي لدى الإغريق كما هو الحال لدى المصريين القدامى. وكان التدريس لديهم شفهيا (الاستماع والإعادة). أما النظريات والتدوين بصفة عامة فهو لا يكاد يُذكر. وقد اعتمدت بيداغوجية الإغريق في هذا الميدان على الموسيقى والجمباز (صحة الجسم والعقل معًا)، وكانت الموسيقى والشعر يمثلان فنا واحدا.

وتميّزت القرون الوسطى بحصر الموسيقى في الكنائس والمقرات الملكية. وقد ظهرت في أوروبا بعض الكتابات خاصة الترجمات، منها ترجمات بوثيوس Boethius (480-524) الذي ترجم إلى اللاتينية بعض الكتابات النظرية حول الموسيقى. وبدأت إبان القرن الثامن الميلادي أولى محاولات تدوين الألحان، لكنها كانت محدودة جدًا. وكان غيدو الأريتسوي Guy d'Arezzo (995-1050) قد أعطى دفعا في وضع بعض القواعد النظرية الأساسية لذلك، فكان له الفضل في ظهور المدرج ذي الأربعة خطوط المتوازية. وفي القرن 12م تمّ إضافة المفاتيح وأشكال المدد الزمنية (مربعات ومعينات) التي تم تدقيقها في القرن 13م.

وقد ظهرت أولى مدارس تعليم الغناء مع الكنائس، ليتمّ بعدها إدراج الموسيقى في الجامعات كمادة علمية ترتبط بالحساب والهندسة وعلم الفلك. أما فيما يخص طرائق التدريس فالمعلومات حولها غير متوفرة، والدروس تعتمد بوجه خاص على الحوار بين المعلّم والمتعلّم.

تميزَ عصر النهضة الأوروبية (القرن 16م) باكتشافين أساسيين، وهما الطباعة من قِبل يوهان غوتنبرغ Johannes Gutenberg (1400-1468)، والطباعة الموسيقية من قِبل الإيطالي أوتافيانو بيتروتشي Petrucci Ottaviano (1466-1539). ذلك ما ساهم في ظهور كتابات عديدة حول الموسيقى والتدريس، نذكر من بينها كتاب بعنوان "Traité de la Musique pratique" سنة 1582 للموسيقار والملحن الفرنسي جان ياساندون Jean Yassandon، الذي يقترح تدريس التربية الموسيقية عن طريق دراسة وأداء السلالم الموسيقية. ونشير أيضا إلى كتاب

"Le Droit Chemin de Musique" الصادر سنة 1550 للموسيقار والمنظّر لويس بورجوا Loys Bourgeois، الذي يؤكد كثيرًا على ضرورة تدريس الموسيقى عن طريق الصولفاج. أما في ألمانيا فكانت للتربية الموسيقية مكانة هامة حيث قال في هذا الصدد، مطلق عصر الإصلاح وأستاذ اللاهوت مارتن لوثر Martin Luther (1483-1546): "بعد علم اللاهوت، أُعطي للموسيقى أول مكانة وأكبر تبجيل".

وفي القرن 17م انفصلت الموسيقى تدريجيا عن التعليم العام لتتوّجه إلى التخصص. وكان للصولفاج مكانة أكبر في طرائق التدريس إذ ظهرت كتابات عديدة تناولت في معظمها تدريس الموسيقى بالاعتماد على القراءة والكتابة الموسيقية. إلاّ أن ذلك لم يمنع البعض من رجال التربية أن يؤكدوا على ضرورة تدريس الموسيقى عن طريق الثقافة السمعية والصوتية، وإدراج الصولفاج والنظريات يكون بعد تحضير الحواس.

ونذكر من بينهم اللغوي وعالم الموسيقى جاك كوسارد Jacques Cossard في كتابه " Méthode pour apprendre à lire…" الصادر في النصف الأول من القرن السابع عشر. وكان لكل من أستاذ الغناء ورجل الدين والرياضي والفيلسوف بينيغم دي باسي Bénigme de Bacill، والموسيقي Marin Mersenne (1588-1648)دور كبير في وضع المبادئ البيداغوجية الحديثة لتدريس الموسيقى حيث أكدا على ضرورة التقليل من تدريس النظريات الموسيقية، وتعويضها بوضع الطفل في اتصال مع الموسيقى والصوت، إلخ.

عرفت التربية الموسيقية في القرن 18م ظهور عدة طرائق في تدريس الآلات الموسيقية، وتمّ في إيطاليا إنشاء معاهد خاصة بتدريسها سُمّيت "كونسرفاتوريو" Conservatorio، وهي تسمية قريبة مما عُرِفَ في فرنسا بـ "Conservateur".

أما القرن 20م فقد عرف ظهور عدة طرائق في التربية الموسيقية مع بيداغوجيين أمثال:

1. موريس شوفي M. Chevais الذي يحثُّ على ضرورة إدراك الطفل للأصوات عن طريق حاسة السمع، ثم معرفة أسمائها، وتأتي في الأخير الإشارات والنظريات.
2. موريس مارتنو M. Martenot صاحب مقولة "الذهن قبل الحرف، والقلب قبل الذكاء".
3. أورف Orff وكودالي Kodaly اللذان أكدا على أهمية ما يسمى باليقظة الموسيقية، وهو إدراك الموسيقى عن طريق الاستماع والممارسة العفوية في سن مبكر.

عُرِفَ هذا القرن كذلك بظهور علم النفس الموسيقي، وتعدُّد الطرائق والمدارس الموسيقية، وبروز مواد علمية لها علاقة بالموسيقى، كعلم الصوت (Acoustics) الذي أصبح ضروريا في تكوين الموسيقيين. وكانت بدايته في إيطاليا سنة 1925.

وقد بدأ إدراج الموسيقى كمادة أساسية في التعليم العالي بألمانيا. وتمّ تعميم التربية الموسيقية في المجر وفق أسلوب يعتمد على التراث الفلكلوري للبلد. أما الولايات المتحدة الأمريكية فقد وَظَّفت بنجاعة طرائق التربية الموسيقية القادمة من الخارج، وخاصة أوروبا، ثم عملت على وضع برامج عامة دفعت بالمادة خلال 30 سنة إلى مستوى لم تشهده البلدان الأخرى. كان التدريس في مستويات ثلاثة تتمثل في: المعاهد (Conservateurs)، المدارس على مستوى المقاطعات، ثمّ الجامعات.

أما الجزائر، فقد ورثت من الحقبة الاستعمارية معاهد البلديات (Conservateurs municipaux)، التي مازالت تُكَوِّن التلاميذ سواءً في الموسيقى الكلاسيكية الأوروبية والآلات، أو موسيقى الشعبي والأندلسي، أو المسرح. ثم أُنشأت معاهد جهوية للموسيقى التي تمّت مضاعفتها خلال عهدة وزيرة الثقافة خليدة تومي. وتهتمُّ هذه المعاهد بتكوين موسيقيين هواة أو محترفين يمكن لهم الالتحاق بالمعهد العالي للموسيقى بالجزائر العاصمة.

وفي الميدان التربوي وُضِعت مناهج للتربية الموسيقية بجميع أطوار التعليم (الابتدائي والمتوسط والثانوي). يقوم بتدريس المادة في الطور الابتدائي معلمون غير متخصصين. وفي الطورين المتوسط والثانوي يتولى التدريس أساتذة متخصصون من خريجي المدرسة العليا للأساتذة بالقبة التي تُكَوِّن خصيصًا لهذا القطاع. كما يُوَظَّف خريجو المعهد العالي للموسيقى على أساس مسابقات تنظمها وزارة التربية وبعض الجامعات في السنوات الأخيرة.

وهكذا فالتربية الموسيقية لها امتداد تاريخي طويل، تطورت بتطور مختلف مجالات الحياة. والمؤكد أنها حاضرة في مختلف الحقب التاريخية ولدى جميع المجتمعات بأشكال وأساليب مختلفة، وهو ما أدى بالموسيقى إلى بلوغ المستوى الراقي الذي وصلت إليه في هذا العصر، سواء من حيث الوسائل والآلات المستعملة، أو أساليب الإبداع والأداء، أو مجالات استعمالها.

لقد أصبحت الموسيقى اقتصادا تعتمد عليه الدول في كسب الثروات، وهو ما أدى إلى غاية سنة 1998 باحتكار 5 شركات متعددة الجنسيات للسوق العالمي للإنتاج الصوتي والتوزيع بنسبة 80 %. ولقد ظهر هذا الاحتكار مبكرًا، أي مباشرة بعد ظهور الصناعة الموسيقية قبل الحرب العالمية الثانية. فبالإضافة إلى الأهداف التربوية للموسيقى عموما والتربية الموسيقية خصوصا، تشير الأرقام إلى أن الموسيقى أصبحت ثروة واقتصادا عالميين لابد من استغلالهما وجعلهما في خدمة التنمية المستدامة.

وما يدل على ذلك، مثلا، أن المبيعات في مجال الموسيقى سنة 2019 بلغت في فرنسا 624 مليون أورو، وارتفعت، مع حقوق المؤلفين إلى 772 مليون أورو. أما في الولايات المتحدة الأمريكية فبلغ رقم أعمال الصناعة الموسيقية 21.5 مليار دولار سنة 1999، وهو أكبر رقم خلال الفترة الممتدة من 1978 إلى 2018. وفضلا عن ذلك فإن نحو 30 مليون شخص يعيشون في العالم من نشاطاتهم في هذا المجال.

بعض المراجع

1. Cadre théorique du Programme d’éducation musicale, document théorique révisé en 2001. France.
2. House and Charles Leonhard. Foundations and Principles of Music Education by Robert W. (1972, Hardcover).
3. Majeres, N. (1999). L'influence de la musique sur l'être humain et la gestion de la manifestation des troubles de comportement extériorisés en classe : Essai de mise en relation et répertoire de techniques. Mémoire de fin d’étude. Université de Sherbrooke. Canada.
4. Ouellet, S. (1994). Vers un modèle d’enseignement favorisant un apprentissage plus signifiant de la théorie musicale. Rapport de recherche, Université de Québec en L'Abitibi-Témiscamingue. Canada.
5. Terrien, P. (les 20, 21 et 22 octobre 2010). Quelques perspectives pour une didactique de l’enseignement musical. GRIDIFE, IUFM-UT2 Midi-Pyrénées, Toulouse. France.

https://www.la-croix.com/Culture/Musique/bons-chiffres-musique-France-2020-02-25- 1201080402
https://www.avcesar.com/actu/id-26927/chiffre-daffaires-musique-aux-usa-75-pour-le-streaming.html
https://fr.unesco.org/creativity/files/monde-tres-culturel-premier-panorama-mondial-de-leconomie-de-culture-et-de-creation

العسكري والشاعر والرياضياتي سليم الجزائري (1879- 1916)

محمّد مرابط

أستاذ بقسم الرياضيات، جامعة حسيبة بن بوعلي، الشلف

merabetmohamed02@gmail.com

تصدير

قبل احتلال الجزائر من قِبل الإستدمار الفرنسي في سنة 1830، كان الجزائريون يشدُّون الرحال إلى المشرق العربي لأداء فريضة الحج أو العمرة أو لطلب العلم، أو للتجارة. أمّا بعد الاحتلال فقد اتخذت هجرة الجزائريين صبغة أخرى، حيث تعدّدت مقاصدهم، مع توقّف مقاومة الأمير عبد القادر (1808- 1883). فمنهم من قصد تونس، ومنهم من توجه إلى المغرب الأقصى، كما اختار البعض وجهة الحجاز. وهناك من كانت وجهته الشام كعائلة سليم الجزائري (1879-1916).

نودُّ في هذا المقام التعريف بالعسكري في الجيش العثماني، والشاعر، والرياضياتي سليم الجزائري، من خلال إبراز جهوده العسكرية، والعلمية، وإلقاء الضوء على بعض جوانب حياته.

1. حياته

هو سليم بن محمد بن سعيد الحسيني الجزائري، ويعرف أيضا بسليم بن محمد بن سعيد بن صالح الحسني السمعوني الوغليسي، المعروف بالجزائري. ولد في العاصمة السورية دمشق عام 1879، ونشأ وتربى وتعلّم على يد والده وعمّه الشيخ طاهر الجزائري (1852-1920). ويعتبر الشيخ طاهر الجزائري إحدى الشخصيات ذائعة الصيت التي كانت لها مشاركة فعالة في عصر النهضة العربية، خلال القرن التاسع عشر والربع الأول من القرن العشرين، وله عدّة مؤلّفات، منها كتاب في الحساب والمساحة.

ينتمي سليم الجزائري إلى قبيلة سمعون التي كانت تقيم في منطقة زواوة قرب بجاية. وجدُّه هو الشيخ صالح، أحد علماء الجزائر الذي كان فقيها، واشتهر بعلم الفلك وعلم الميقات، وله فيه رسالة، كما كان له ميول لعلوم الطبيعة والرياضيات. هاجر الشيخ صالح مع عائلته إلى المشرق العربي، وبالضبط نحو دمشق رفقة مجموعة من المشايخ. عُرفت هاته الهجرة بهجرة المشايخ (1847)، وتزامنت مع توقف مقاومة الأمير عبد القادر في 23 ديسمبر 1847.

درس سليم الجزائري مبادئ العلوم وحفظ ما تيسّر من القرآن بالمدرسة الجقمقية المجاورة للمسجد الأموي بدمشق، ثم تابع دراسته بالمدارس الابتدائية الأميرية. التحق بعدها بالمكتب الرشدي العسكري ليتخرج ضابطاً من ضباط أركان الحرب. ثمّ تمّ تعيينه في الدائرة العسكرية التابعة لمدينة دمشق.

كُلِّف سليم الجزائري رفقة عزت باشا الألباني (1864-1937) بإخماد نار الفتنة التي حدثت باليمن آنذاك، لكنّه وقع في الأسر رفقة مجموعة من الضباط، عانى فيها ويلات الأسر والتعذيب. واستطاع بفضل حنكته العسكرية أن يُخلّص نفسه ورفقائه من الأسر.

لقد كان لسليم الجزائري دور كبير في إخماد الفتنة التي اتهم فيها سليم ورجاله، المنضوين تحت لواء العهد الجديد المتمثل في الأتراك الأحرار، بالمطالبة برفع الحجاب على النساء. حيث كان له ردٌّ على التهمة الموجهة له ولرفاقه بخطاب شهير بالعربية، أذهل فيه الحضور بثقافته، وبلاغته، وحسن اطلاعه. ولما زار الشيخ رشيد رضا (1865-

1935) دمشق في رمضان (1326هـ/1908م) وأخذ يلقي دروساً بجامعها الأموي، أتُّهم كذلك سليم الجزائري بتسهيل، بل وتشجيع الشيخ على نشاطه الدعوي الذي يعارض توجُّه قادة الأتراك الأحرار وأتباعهم في الشام. وتعدُّ هاته الحادثة القطرة التي أفاضت كأس بقاء سليم الجزائري في سورية إذ سرعان ما انتقل إلى الأستانة (إسطنبول).

وفي إسطنبول، عُيّن سليم الجزائري مدرّساً في المكتب الحربي. فكان يُبرز في دروسه دور الصحابة رضي الله عنهم في قيادة الفتوحات، أمثال خالد بن الوليد (592-642م) رضي الله عنه. وفضلا عن ذلك، كان يُشِيد بالدور العربي الكبير في الجيش العثماني، ممّا أدّى بمدير المكتب إلى التعرُّض له في أكثر من مناسبة، فكان ردُّه : "إنّ الأمم التي ليس لها أبطال في القرون الخالية تفتخر بهم، يجوز لها أن تستعير الأبطال الغرباء وتتغنى بأسمائهم، وهذا من صفات الأقوام الحقيرة التي لا يأبه لها. والعربي الذي يُغْفِل خالد بن الوليد ليتغنى بنابليون بونابرت Napoléon Bonaparte (1769-1821) هو صعلوك ما ذاق الأنفة ولا عرف عزة النفس".

لقد شغل سليم الجزائري عديد الوظائف العسكرية، لعلّ أبرزها:

رئاسة أركان الحرب للفرقة التي حررت من البلغاريين مدينة أدرنة Edirne التركية الواقعة قرب الحدود البلغارية اليونانية، حيث كان أول ضابط عربي دخل تلك المدينة بعد وقوعها بيد البلغاريين.

- كان عضواً في هيئة أركان الحرب في الدردنيل.
- قائد لسواحل سورية.

إضافة لمناصبه العسكرية كان عضوا بارزا في كل من:

- **المنتدى الأدبي** الذي أنشئ في الأستانة سنة 1908، وضم العرب المقيمين. وعرف المنتدى بإقامته لحفلات تنشد فيها الأناشيد القومية العربية، وتلقى فيها محاضرات تبرز مآثر العرب وحقوقهم. كما أصدر المنتدى مجلة يكتب فيها الأدباء والشعراء والعلماء العرب، لإبراز كل ما يتصل بالعروبة وتاريخها المجيد.
- **الجمعية القحطانية** التي تأسست سنة 1909. وكان سليم الجزائري أحد مؤسسيها وكانت تناضل من أجل السيطرة على مؤسسات الولايات العربية مع المحافظة على الولاء للخلافة العثمانية.
- **جمعية العهد** التي أُسست في باريس سنة 1911، ثم نُقل مقرُّها إلى بيروت سنة 1913، وبعدها إلى دمشق في نفس السنة، لتحلّ محلّ جمعية القحطانية، وتتبنى نفس مبادئها. وكان سليم الجزائري أحد أهمّ أعضائها.
- **الجمعية العربية الفتاة** التي رأت النور سنة 1911، وتعتبر من أشهر الجمعيات السياسية العربية التي سعت للتخلص من الهيمنة العثمانية. ويعدُّ سليم الجزائري من أبرز أعضائها النشطين.

2. إسهاماته

أتقن سليم الجزائري اللغة التركية والفارسية بالإضافة إلى العربية وإلمامه بالفرنسية. كما كانت له دراية بالألمانية والإنجليزية، زيادة على لسانه الزواوي. كما نظم سليم الجزائري بالعربية أشعاراً وأناشيد حماسية مثل قصيدة "يا بلادي" وقصيدة "وطني" وقصيدة "افتخار".

وكان سليم الجزائري رياضياتياً مولعاً بالمنطق، إذ ألّف فيه كُتيّباً أسماه "ميزان الحق في المنطق"، والذي عُثر عليه في المكتبة الظاهرية بدمشق بعد وفاته. وصدر عن المطبعة الحربية بدمشق سنة 1920 في 45 صفحة. يشرح سليم الجزائري سبب تأليفه لهذا الكُتيّب بقوله: "فأحببت أن أكتب ما تيسر لي بعد تتبع وتفكر طويل إجابة لطلب

بعض عشاق العلم وناصريه وطلاب الحق وقاصديه. فإن أفدت أحداً فيما كتبت فتلك الغاية التي أرمي إليها وإلا فعلى الأقل أكون قد نبهت الأفكار للزوم إصلاح هذا الفن المهم عسى أن يتوفق إلى ذلك من هو أوسع اطلاعاً وتفكراً مني"

وله كتاب آخر مفقود يؤرّخ فيه لحادثة وقعت في رمضان (1326هـ/1908م) بالمسجد الأموي. كما صمّم "بركارا" أي مِدْورا، أسماه "البركار العربي"، يُحمل في الجيب، ويستخدم لرسم الخطوط المستقيمة والمتوازية والدوائر. لكنّ رحيله حال دون تسجيل براءة اختراعه في أوروبا أيامئذ.

3. وفاته

في سنة 1916 صدر أمر بتعيين سليم الجزائري قائدا لسواحل سورية. وعند وصوله إلى عالية في لبنان تمّ استدعاؤه من طرف الديوان العرفي عن طريق ضابط المحطة لأمر بسيط. ولكن بمجرد وصوله تمّ تجريده من سلاحه وإيقافه مع مجموعة من رفقائه، وزُجَّ بهم في السجن بتهمة بثّ الروح القومية العربية في نفوس الضباط العرب في الجيش العثماني عن طريق الأناشيد والأشعار التي نظمها، فضلا عن اشتراكه مع عزيز علي (1880-1965) في تشكيل حزب العهد وملازمته لحلقات عمّه الشيخ طاهر الجزائري، الذي عارض سياسة التتريك. وكان الشيخ طاهر من دعاة الجامعة الإسلامية، وكان له الفضل الأكبر في إنشاء دار الكتب الظاهرية في دمشق، ودار الكتب الخالدية في القدس. وكان من أوائل أعضاء المجمع العلمي العربي بدمشق.

ففي فجر السادس من شهر ماي سنة 1916، سيق سليم الجزائري لحبل المشنقة رفقة رفقائه، ونفّذ فيهم حكم الإعدام شنقاً على يد جمال باشا (1873-1922) المشهور بالسّفاح. وانضمّ بذلك سليم الجزائري إلى قائمة شهداء القومية العربية.

4. مقدمة كتابه

للتعرف على أسلوب سليم الجزائر ي في الكتابة، نورد فيما يلي مقدمة كتابه "ميزان الحق في المنطق" الذي طُبع في المطبعة الحربية بدمشق سنة 1920، ونسخة الكتاب الذي أخذنا منها المقدمة محفوظة في مكتبة جامعة برنستون Princeton الأمريكية. وقد كُتب تحت عنوان الكتاب "تأليف شهيد الوطن، قائم مقام أركان الحرب المرحوم محمد سعيد الجزائري الحسني" :

"مقدمة

لقد اشتهر بين مؤلفي العرب أن واضع علم المنطق ومبتدعه هو أرستطالس وأنه لم يجد لمن تقدمه غير كتاب المقولات، وأنه انتبه إلى وضعه وترتيبه من مطالعته في كتاب أقليدس في الهندسة، وقد قسمه على تسعة أبواب جعل لكل منها كتابا ترجمت كلها في زمن أبي جعفر المنصور. ولخصت مرارا وحذا جميع مؤلفي العرب حذوها على أن منهم من توسط ومنهم من بسط.

إلا أن معظمهم جمعها مع الالهيات والطبيعيات، ولكن كلها ترجع إلى نبع واحد وترتيب واحد يدور البحث فيها على الألفاظ ودلالاتها والحدود وأنواعها وأسمائها المختلفة والشروط التي يجب تحرّيها في صور القضايا وأنواع ضروبها المنتجة وغير ذلك. وإنك لترى المتصدي لمطالعتها لا يفتأ يشحذ فكره في فهم الأقسام والأنواع، ويتعب ذهنه في ضبطها وحفظ أسمائها حتى يمتلئ دماغه ويملّ أو يستولي عليه الذهول، فيضيع بين الأقسام وتختلط عليه الأنواع والتعاريف بحيث لا يعرف لنفسه مخرجا.

وإن أسعفه الحظ بعد طول الصبر والمعاناة لإتمامه يصبح متعلمًا علمًا آليا يختص بالألفاظ وأنواعها وصور القضايا وأسمائها وأشكال الأقيسة وأقسامها. هذا إن أمكنه التوسع من تلقاء نفسه أو قيّض له مرشد يدرّبه في تعميم

القواعد على أمثلة مختلفة وتطبيقها على المحاورات التي لا يخلو الإنسان منها كل يوم. إذ أن أكثر المؤلفين لهم أمثلة محدودة لم يحيدوا عنها، هذا عدا عن أن أكثرها غير صحيح بحيث ألفها المتعلم ورسخت في ذهنه كأنها قاعدة أولية أساسية فيدخل عليه بسببها كثير من الأغلاط.

ولا يخفى أن الإنسان عند البحث والمناقشة قد لا ينتبه إلى شكل العبارات لاشتغال ذهنه بالمعاني، ولهذا لا يفيده في أغلب الأحيان ما تعلمه من القواعد الخاصة بصور العبارات، خصوصا إذا كان الموضوع دقيقا أو تداخلت الأقيسة، وتسلسلت؛ بل كان اللازم له دليلا يهديه إلى تمييز الصدق من الكذب بدون التفات إلى شكل العبارة.

فأحببت أن أكتب ما تيسر لي بعد تتبع وتفكر طويل إجابة لطلب بعض عشّاق العلم وناصريه وطلاب الحق وقاصديه. فإن أفدت أحدا فيما كتبت فتلك الغاية التي أرمي إليها، وإلا فعلى الأقل أكون قد نبهت الأفكار للزوم إصلاح هذا الفن المهم، عسى أن يتوفّق إلى ذلك من هو أوسع اطلاعا وتفكرا مني.

4 المحرم سنة 1325

قول أغاسي من أركان حرب الفيلق الخامس التركي

محمد سليم الجزائري الحسني"

مراجع

1. مير بصري : أعلام الوطنية والقومية العربية، دار الحكمة، لندن، 1999.
2. محمد سليم الجزائري الحسني، ميزان الحق في المنطق، الطبعة الأولى، المطبعة الحربية بدمشق، سوريا، 1920.
3. سهيل الخالدي : دور الجزائريين في حركة التحرر العربي في المشرق (1847-1949)، دار هومة، الجزائر، 2013.
4. فوزي الخطبا : شهداء النهضة العربية، مطبعة الصفدي، عمّان، الأردن، 1998.

تعليـــمية

تأملات في مشكلة البحث العلمي

صادق بوروبي

أستاذ بكلية الرياضيات، جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، الجزائر

bouroubis@gmail.com

مقدّمة

لمّا كانت التصورات سابقة عن التصديقات، وكان الحكم على الشيء فرع عن تصوّره، أضحى من الضروري أن نحدِّد أوّلا وقبل كلّ شيء مفهوم البحث العلمي بوضع تعريف مانع جامع، يكون للقارئ الكريم مدخلا طبيعيا للموضوع، ويتسنى لنا من خلاله توضيح ما سيأتي من تحليلات ويمكّن من رفع كلّ لبس وإبهام محتملين.

فالبحث العلمي هو نشاط فكري منظم يسعى إلى الكشف عن الحقائق ومعرفة الارتباط بينها واستخلاص المبادئ العامة والقوانين التفسيرية، استنادا إلى مناهج محدَّدة. فهو يتمثَّل في إحداث إضافات جديدة في ميادين المعرفة المختلفة، أو تعديلات لمعارف قائمة، بواسطة التقصِّي المنظَّم القائم على التبحُّر والغوص في أعماق الحقيقة، بهدف تحريك عجلة التقدُّم المعرفي والتطوّر الاقتصادي والاجتماعي.

ولتحقيق ذلك أولت العديد من الحكومات عناية خاصة للبحث العلمي ورصدت له الميزانيات، واستقطبت من أجله الكفاءات، واعتبرته من أهمِّ انشغالاتها، علما بأنه لا يخلو جانب من جوانب الحياة الإنسانية إلاَّ وشمله البحث العلمي بعناية. والأهمُّ من كلّ هذا وذاك أن ينصبَّ اهتمام الباحث نفسِه على إجراء الدراسات والبحوث ذات الصبغة الوظيفية بالدرجة الأولى، حتى لا يُنظر إلى البحث العلمي على أنّه ترف فكري بلا هدف مقصود ولا غاية محدَّدة. فالبحث العلمي يبقى ولا يزال وسيلة وليس غاية في حدِّ ذاته.

لذلك يعتبر البحث العلمي أحد أهم العناصر الأساسية في التعليم الجامعي، والعمود الفقري لإنشاء الجامعات ومراكز البحث العلمي. وهو أيضا أحد أهم العوامل المؤثرة في رفع مستوى أعضاء هيئة التدريس، كلٌ في مجال تخصّصه، بغرض إنجاح عملية التدريس. بالإضافة إلى أنه الركيزة الأساسية التي تستند عليها الجامعة نحو تحقيق الأهداف التي يتطلع إليها المجتمع. فلابد من العمل على تمكين البحث العلمي من أداء دوره في تطوير التعليم العالي وخاصة في المجالات التنموية، بما يتماشى مع الحركة النفسية والاقتصادية والاجتماعية الشاملة للمجتمع.

1. أخلاقيات البحث العلمي والأمانة العلمية

بما أنّ العلم يسعى وراء البحث عن الحقيقة ومحو الزيف الذي يمكن أن يكون العقل البشري ضحيته، فهو بالتالي يرتقي بالقيم الجمالية والأخلاقية للمجتمعات. فالأخلاق هي نسيج الحقيقة، وكلاهما عنصر أساسي في تحديد المسار الإنساني. لذلك فإنّ أخلاقيات البحث العلمي تتمثّل في مجموعة من المبادئ التي تعمل على ترشيد البحث العلمي وتوجيهه لخدمة البشرية وإسعادها، وليس لإلحاق الضرر بها كما حدث ذلك فعلا في مجال التجارب النووية واستعمالها في تدمير الأوطان، دونما ارتباط أو تمسّك بأي قيم دينية أو أخلاقية. يقول الشاعر حافظ إبراهيم:

لا تحسَبنَّ العلمَ ينفعُ وحدَه *** ما لم يُتوَّج ربُّه بخــلاقِ

والعلمُ إن لم تكتنفهُ شمائلٌ *** تُعْليهِ كان مطيةَ الإخفــاقِ

كم عالمٍ مدَّ العلومَ حبائلاً *** لوقيعةٍ وقطيعةٍ وفـراقِ
وفقيهِ قومٍ ظلَّ يرصدُ فقهَهُ *** لمكيدةٍ أو مُستَحِلِّ طلاقِ
وطبيبِ قومٍ قد أحلَّ لطبِّهِ *** ما لا تحِلُّ شريعةُ الخـلاَّقِ
وأديبِ قومٍ تستحقُّ يمينُـهُ *** قطعَ الأناملِ أو لظى الإحراقِ

2. جدلية البحث العلمي والأخلاق

في التأصيل الفلسفي لعلاقة العلم بالأخلاق أو القيم عامة، نعتقد أنّ المعرفة العلمية التقنية البحتة لا تشكّل وحدها أساسا للقيم. فعالَم القيم يكاد يكون مستقلا، لا يرتكز عليها ولا يحتاج إليها، كما أنّ عالَم القيم لا يحتاج بالضرورة إلى المعرفة العلمية التقنية ولا يتغذّى منها. والمقصود من ذلك أنّ السلوك الأخلاقي في العلم ليس نابعا من كون صاحب السلوك عالما، بل ينبع من إرادة ذلك الشخص وحبّه للخير أو الشرّ تجاه أيٍّ من المواقف، ويؤيد هذا المعنى ما تقدّم من كلام حافظ إبراهيم.

ولمّا كان الإسلام يشترط لصحّة المعرفة العلمية، أن تكون جازمة يقينية وموضوعية، حتى ولو تعلّق الأمر بالذات العلوية، لقوله تعالى: «فَاعلَمْ أَنَّه لا إلهَ إلاَّ اللهُ واستغفِرْ لِذَنبِكَ»، فإنّه يشترط أيضًا أن تكون هذه المعرفة ملتزمة بالتواضع، بعيدة عن الاستعلاء، لأنّ الإسلام يوجب على المشتغل بالعلم، الإخلاص وتجنُّب الغرور والثقة المفرطة بالذات وادعاء العلم، فنبينا (ص) يقول: «من تَعَلَّمَ العِلْمَ لِيُبَاهِيَ بِهِ العُلَمَاءَ، أَوْ يُمَارِيَ بِهِ السُفَهَاءَ، أو يَصْرِفَ بِهِ وُجُوهَ النَّاسِ إِلَيْهِ أَدْخَلَهُ اللهُ جَهَنَّمَ».

ذلك لأنّ علم الإنسان يقف عاجزًا عند حدود حواسه وعقله، فلا ولم يفده شيئًا في إدراك مفهوم كنه الروح التي بين جنبيه والتي تقوم عليها حياته كلُّها، كما تؤكّده الآية الكريمة من سورة الإسراء «وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُم مِّن الْعِلْمِ إِلاَّ قَلِيلاً». وبهذا يتبيَّن لنا جليًا أنّ الإسلام قد حرَّر الانسان من كل رموز السيطرة، وأسّس بنيانه على الأخلاق الفاضلة والقيم النبيلة التي تضمن تقدُّم المجتمعات وتهيئة المناخ الملائم لتطوّر العلم وتقدّمه. فالعقل في الإسلام لم ينعزل قط عن الوحي، بل عاصره وصاحبه منذ الصيحة الأولى مصداقا لقوله تعالى في سورة العلق: «اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ». وبذلك يوجّه القرآن الكريم جهود الإنسان نحو المسالك الصحيحة من أجل صناعة التمدّن والرقي، وفق أكبر قدر من التوازن بين القيم الروحية التي تحثُّ على إقامة العدل وبين الدعوة إلى استغلال المسخَّرات الكونية المادية من أجل عمارة الأرض.

فها هو القرآن يعرض خام الحديد كنعمة كبيرة أنزلها الله لعباده، وينبّه في ذات الوقت إلى الجانب الأخلاقي في التعامل معه حيث يقول: «لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ».

3. أهمّ مبادئ وأخلاقيات البحث العلمي

- احترام العلم والعلماء.
- الصدق والأمانة.
- الدقّة والمسؤولية.
- عدم انتحال شخصية الآخرين بسرقة أبحاثهم وادّعاء ملكيتها.

- الإشارة إلى الاقتباس وعدم بتر الكلام المقتبس.
- حسن عزو المعلومات إلى مصادرها الأصلية.
- عدم المساس بالكرامة الإنسانية.
- القدرة على النقد الذاتي والاعتراف بالخطأ.
- كفالة السريّة والخصوصية (الحسيّة و المعنوية).

ومن الأمثلة القوية الصادمة في انتهاك الضوابط الأخلاقية في واقع الناس، ما حدث بالنسبة لداء الإيدز عفانا الله منه. فإنّه يُعدُّ خرقا صريحا لأخلاقيات العلم، لأنّ تجارب البحث أجريت على مرضى الدول الإفريقية الفقيرة، ولمّا أصبح العلاج متاحا لم يستفد منه هؤلاء المرضى أنفسهم بحجة أنّه باهظ الثمن !

4. البحث العلمي في مجال الرياضيات

لا أحد يُنكر دور البحث العلمي في أيّ عصر من العصور، فهو القوة المحرّكة للمجتمعات من حالة سكون إلى حالة حركة شاملة تدخل في مضمار التقدُّم والتنمية في شتّى مناحي الحياة. والبحث في مجال الرياضيات هو جزء لا يتجزأ من هذه الحركة، بل هو أساسها لتواجده بتطبيقاته في كافّة مجالات الحياة. فالرياضيات كانت ولا زالت صاحبة اليد العليا في مواكبة التطورات العالمية المعاصرة والمستقبلية، فتطبيقاتها الحيوية مثلا تشمل جسم الإنسان من رأسه حتى أخمص قدميه، وحين تخرس الكلمات يبقى للأرقام معنى.

يقول أينشتاين: "العلم بناء متعدِّد الظواهر، لكنه في الجوهر بناءٌ واحد لا يتغير، إنه رياضيات في أثواب مختلفة". فالمصطلح الجديد الذي أُطلق على الرياضيات بعد مصطلح ملكة العلوم بلا منازع هو علم العلوم، والأمثلة في ذلك لا تعدُّ ولا تحصى، فهي تدخل في كلّ جوانب العلوم: في الهندسة، والإحصاء، وعلم النفس، والاقتصاد، إلخ. بل أكثر من هذا، فالرياضيات استطاعت أن تبعث التطورات في علوم الحاسب الآلي والأحياء والمواصلات والاتصال وحماية البيئة والطب وغيرها. بل نستطيع القول بأنّ الرياضيات أصبحت في عالم اليوم العصا السحرية التي تدخل في كافة مجالات الحياة لتجعلها أكثر يسرا ورفاهية. ويكفي أن نذكر في هذا المقام بأنّ اختراع الطائرات لم يكن ليكتمل لولا علمي التفاضل والتكامل.

فالرياضيات بعد أن تربَّعت على عرشها ردحا من الزمان باعتبارها ملكة العلوم قد تخلّت عن تاجها وأصبحت خادمةً لها... إذ من يسأل عن تطبيقات الرياضيات في حياتنا العامة كمن يسأل عن أهمية الحروف الأبجدية في بداية تعلُّمها!

ونظرًا لكون كلّ علم من العلوم منهجه في البحث والتحليل، فقد جرى الاتفاق على أن تكون الرياضيات هي العلم الذي يوفِّق بينها جميعًا، لأنها ببساطة أدقّ العلوم، وأمهرها في التوصل إلى معادلات تصلح للتطبيق في جميع العلوم الأخرى. ذلك أن استعمال الحاسب الآلي مثلا للتواصل عبر البريد الإلكتروني، أو نقل المعلومات، بل وسحب الأموال عن طريق جهاز السحب الآلي، كلّ هذه الأشياء ما كانت لتتحقّق لولا قدرة الرياضيات على تحويل الكم الهائل من المعلومات إلى رموز وشفرة، تختصرها في صورة قابلة للتعامل معها آليًا، ونقلها في صورة مشفّرة، تضمن وصولها إلى الجهة الصحيحة، وعدم إفشائها على الملأ، لخصوصيتها ولخطورة وقوعها بين أيدي العابثين.

ولك أيضا أن تتمعّن في تجربة عناصر الأمان في السيارة، فقد كانت تقتضي في الماضي إجراء حوادث سيارات متعمَّدة، لقياس تأثير الاصطدام على مكونات السيارة، وبالتالي على حياة السائق ومن معه. ولو تصوَّرنا أنه ينبغي بعد إجراء كل تعديل على هيكل السيارة، تجربة مماثلة على أرض الواقع بسيارات جديدة تتحطَّم بعد الحادث، فلنا أن نتخيَّل حجم الخسائر المادية من جراء ذلك. ولكن أصبحت اليوم برامج عددية متوفّرة لاستخدام مجسّم للسيارة

بظهورها على شاشة الحاسب عن طريق الملايين من النقاط، كما أصبح ممكنا بواسطة الرياضيات قياس تأثير كل المتغيرات على جسم السيارة، وبالتالي قياس تأثير الاصطدام.

ولا يُستثنى من ذلك "الجمال الفنّي"، الذي - كما هو معروف - أمر وجداني، وانطباع شخصي لكل إنسان، ولكن ما هو ثابت أنّ الجمال يرتبط ارتباطا وثيقا بأبعاد الجسم وتناسقه، وهو أمر يجعله محكوما بقوانين الرياضيات. فالانسجام والجمال توأمان لا ينفصلان أبدا.

5. التحديات التي تواجه البحث العلمي في مجال الرياضيات

يتضّح من خلال الواقع المعاش في الجزائر وفي غيرها من البلدان، أنّ من أهمّ الصعوبات التي تواجه الرياضيات هي نظرة سواد المتعلِّمين بل وحتى بعض المعلِّمين لها، حيث يعتبرونها مادة مجرّدة صرفة. بل إنّ كثيراً من المتعلِّمين يتباهى بكرهه للرياضيات، ويعود سبب ذلك إلى نقص الربط المتواصل بين الرياضيات كمادة والانشغالات اليومية. فهي لا تُدرَّس بشكل أصيل وفي سياقات واقعية، فما دام المتعلِّم لا يرى في الرياضيات حلولا لمشكلة حياتية واقعية لن تكون للرياضيات عنده فائدة أو قيمة مرجوّة.

والشيء المهم الذي نزعم أنه سيؤتي ثماره حتماً في تحبيب الأجيال القادمة للرياضيات هو تحسين استخدام أساليب تعليمها من قبل المعلِّمين، بوجه سمح جذّاب غير منفّر ولا عبوس قمطرير، والتخلّي عن الطرق التقليدية في التدريس لكونها عقيمة منهجيًا ومتجاوَزة تاريخيًا، فضلا عن أنّها متزمّتة صارمة غيرُ محبَّبة وتُولّد الكره والإحباط لدى معظم المتلقين، كما تولّد أيضا شعورا لديهم بأنّ الرياضيات منفصلة عن الواقع وغير إنسانية بتاتا، وليس لها أيّ قيمة علمية أو جمالية.

فالمطلوب حسب اعتقادنا تدريس المبادئ الرياضياتية مقرونة - ما أمكن - بتطبيقاتها في العلوم المختلفة، بأن تُقدَّمَ أمثلة تطبيقية تتضمّن مواقف حياتية مع كلّ مفهوم رياضي. وهذا يتطلّب بطبيعة الحال وجود المعلِّم المؤهَّل الذي يمتلك معلومات متَّصلة بمجالات التطبيق، كعلوم الفيزياء، والهندسة، والبيولوجيا، والاقتصاد، وغيرها من العلوم المتنوعة. كما يتطلَّب تنسيقاً بين معلِّم الرياضيات وغيره من معلمي المواد الأخرى. وعندئذ فقط يمكن أن نُؤسِّس لميلاد جيل جديد لا يتفنّن في هذه المادة فحسب بل يُبدع فيها بما جادت به قرائحه في ميدان البحث العلمي.

6. الحلول المقترحة للنهوض بالبحث العلمي في الجز ائر

لكي يتحقَّق تقليص المسافة بين النظري والتطبيقي، ويتجلّى مستوى من التناغم بين تقدّم البحث العلمي العملي والبحث النظري فلا تنقطع حبال الفعل عن الفكر الذي يؤطِّره ويُسنده، ينبغي أن تتحقّق جملة من الشروط والأسباب تُعتبر كافية ولازمة إذا ما تحقّق معها جهدٌ من التأمُّل والنقد والتكييف، يحوّل المجتمع بوعي من متاهة الاستهلاك إلى ساحة الذاتية في اتّباع الأسباب، وهي على سبيل الذكر لا الحصر:

- ربط الجامعة بالمجتمع من خلال التصدّي لحلّ المشكلات التقنية التي تواجه القطاعات المختلفة، وخاصة تلك التي يكون مردودها العلمي مفيدًا لكلٍّ من الجامعة وكافة القطاعات في الدولة على حدٍّ سواء.
- تطوير وحدات البحث بما يتوافق والخطط البحثية في الجامعة ومتابعة نشاطها وتقويم أدائها.
- تشجيع أعضاء الهيئة التدريسية على جلب المشاريع البحثية التطبيقية المختلفة التي يعاني منها القطاع العام والخاص.
- التركيز على الأبحاث التطبيقية المعتمدة على بناء القدرات الذاتية والتي تساهم في توطين الاكتفاء الذاتي والحد من الاستيراد.

- تطوير البحث العلمي عبر توفير بيئة بحثية محفِّزة للباحثين في الجامعة وفي مراكز البحث على حدٍّ سواء.
- هندسة مشروع وطني يتمثل في مجموعة من معايير الجودة العلمية، ودفتر للشروط البحثية التي ينبغي أن تَبلُغَه الجامعة الجزائرية. وتعني هذه الأرقام أن تكون الجامعة ضمن الثلاث مائة أحسن جامعة في القرن الحادي والعشرين عالميا. ويُعدُّ هذا البرنامج معيارا مهما للطالب إذا أراد الانتساب إلى الجامعة الجزائرية، فعليه أن لا يُروِّح عن نفسه بالتصنيفات العالمية التي قد تكون، في بعض الأحيان، مضلِّلة أكثر من كونها هاديَة مرشدة.
- ربط العلاقات الأكاديمية وإرسال البعثات الطلابية صوب الدول المثابرة والسائرة في طريق النمو، لأنّ الباحث في أحضانها سيعيش في أجواء النهضة والنمو وتحدياته وما يترتَّب عن ذلك من تساؤلات، قد يساهم ويشارك بالأجوبة عنها، فيكتسب ملكة مواجهة الصعوبات وتجاوزها، وهذا ما سيعينه على نقل تجربته إلى وطنه الأم: الجزائر.

بعض المراجع

1. ابن ماجه : كتاب السنن. له طبعات كثيرة لدى عديد دور النشر.
2. جمال أبو شنب : العلم والتكنولوجيا و المجتمع منذ البداية و حتى الآن، دار المعرفة الجامعية، 1999.
3. جودة البحث العلمي (أداء – ارتقاء)، ورشة عمل مقدمة إلى وحدة البحث العلمي والدراسات العليا بكلية التربية بالزلفي، 2013.

قضايا تتعلق بالتكوين الأولي للمدرّسين (2)

محمود شنتي

أستاذ بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

mahmoud.chenti@g.ens-kouba.dz

ترتبط عولمة التعليم اليوم حسب كمار Kumar، بالحاجة إلى تشكيل قوّة عاملة قادرة على رفع التحدّي في عالم تنافسي بشكل متزايد. وتتعلّق جودة التعليم الذي يتلقاه التلاميذ بكفاءة مدرّسيهم بشكل أساسي. $Grبيّنت الدراسات أنّ مدرّس القرن الحادي والعشرين يجب أن يتمتّع، بهويّة عالمية تتضمن أبعادًا عديدة غيّرت دور المعلّمين في المدرسة والمجتمع.

تنبع أهمية التكوين الأولي للمدرّسين، وفقا لكينا Caena، من حقيقة أنّ التلاميذ كمواطنين مستقبليين يحتاجون ليس فقط إلى تعلّم المعرفة بالموضوع، ولكن أيضا إلى تطوير مجموعة من المهارات والمواقف أثناء التعليم المدرسي: مثل التواصل والمهارات التعاونية، والإبداع والتفكير النقدي، إلخ. وهذا ممكن فقط إذا كان معلّموهم يتقنون هذه المهارات. وبناء على هذا ذهب مجلس الاتحاد الأوروبي للتعليم والتكوين عام 2014 إلى أنّه لا بد من الاستثمار في المدرّسين، ويجب تحسين نوعية التكوين وتعزيز جاذبية مهنة التعليم وهيبتها.

أما بالنسبة لموضوع تكوين المدرّسين في الجزائر، فهو بلا شك يعاني من مشاكل عديدة. نذكر من بينها، ما جاء في تقرير اللجنة البيداغوجية الوطنية للمدارس العليا للأساتذة، (فيفري، 2019): طريقة الانتقاء؛ موضوع التربية العملية؛ محتويات وبرامج التكوين؛ إلخ.

كنّا قد تطرقنا في العدد السابق لخمس قضايا ومناقشات تتعلّق بالتكوين الأولي للمدرّسين بصفة عامة: اختيار مكوّني المكوّنين؛ المقاربة بالكفاءات؛ المعرفة الأكاديمية والمهْنَنة؛ التكوين بالبحث؛ التوأمة في التكوين (أو المواد المتآخّية). نسوق في ما يلي خمسا أخرى:

1. مسؤولية الدولة عن تكوين المدرّسين

ثمّة إشكال يتعلّق بالتاريخ السياسي والإداري لمختلف البلدان، وحتى داخل البلد الواحد. إنّه نمط المسؤولية عن تكوين المدرّسين: مركزية الدولة عليه أو لا. يرتبط غالبا الاتجاه السائد في تعزيز سيطرة الدولة المركزية على تكوين المدرّسين بنتائج المنظومة التربوية. لكن حسب الخبراء، فهذا التبرير غير كاف في ضوء المقارنات الدولية وتحدّيات العولمة. ومع ذلك، فإنّ الاتجاه نحو تعزيز سيطرة الدولة المركزية على تكوين المدرّسين في تزايد مستمر. على سبيل المثال:

1. في فرنسا، يقع تكوين المدرّسين على عاتق الدولة، ويصبح أحيانا قضية دولة.
2. في مقاطعة كبيك الكندية، عزّز الإصلاح الذي حدث في عام 1994 قبضة وزارة التعليم على برامج التكوين، وهو اتجاه تعزّز أكثر في عام 2001. تتولّى حاليا وزارة التربية والتعليم العالي والبحث جميع جوانب تكوين المعلّمين: قبول وتقييم برامج تكوين المعلّمي؛ تحديد سياسات التكوين والتوجهات العامة والكفاءات المهنية؛

تنظيم التكوين وملامح التخرّج وطبيعة التدريب العملي. تشرف الوزارة كذلك على مسائل التثبيت أو الترسيم في العمل، وإصدار ترخيص مزاولة مهنة التدريس وتعليقها، وكذلك إلغائها، إضافة إلى إنشاء العديد من اللجان التي توجه وتشرف وتراقب عملية التكوين.

3. في الأرجنتين، رافق قانون التعليم الوطني لعام 2006 إنشاء معهد وطني لتكوين المعلّمين (INFD).
4. تشهد إنجلترا منذ ثمانينيات القرن الماضي، حركة مركزية وزيادة سيطرة الدولة على جميع الجوانب المتعلّقة بموضوع تكوين المدرّسين.
5. حتى البلدان ذات التقاليد اللاّمركزية مثل الولايات المتحدة، وعلى الرغم من تقاليد التفريع القوي لصالح الولايات، أو حتى على المستوى المحلي داخل الولاية نفسها، فإنّها تعرف الاتّجاه ذاته.
6. تعمل الحكومة السويدية على تعزيز مركزية تكوين المدرّسين في نهج يبدو مختلفا مع اللاّمركزية المطبّقة في التعليم العالي.

2. إعطاء دور أكبر للجامعة

تعرف في العديد من البلدان خلال السنوات الثلاثين الأخيرة توجّها، مشتركا تقريبا، وهو تعميم إلحاق عملية تكوين المدرّسين بالجامعة. فالجامعة هي وحدها القادرة على استيعاب المشاكل العديدة، وتطوير البحوث حول عملية التكوين المعقّدة. ويأتي على رأس هذه المشاكل التعارض بين التكوين النظري وإضفاء الطابع المهني وتأمين التوازن المناسب بين جوانب التكوين، إلخ.

انتقلت السويد، منذ سبعينيات القرن الماضي، من التكوين المهني البحت إلى الجمع بين التكوين الجامعي التخصصي والتكوين المهني على حدّ سواء. ونجد الوضع ذاته في إنجلترا وفي البلقان. وقد بدأ التخلي عن المدارس العليا للأساتذة في لمقاطعة كبيك الكندية منذ سنة 1969 حيث أصبحت الجامعة هي المسؤولة عن تكوين المعلمين. ومن المثير للاهتمام، أنّ النقاش لفهم التعارض بين التكوين النظري والتكوين المهني يتمّ داخل الجامعة، حيث هناك علاقة بين كليات الاختصاص وكليات التربية. أما في الأرجنتين التي تتّسم بتقاليد المدارس العليا للأساتذة، فتمثّل المعاهد الوطنية العليا فيها منذ عام2007، العرض الوحيد للتعليم العالي لتكوين المدرّسين. وأمّا فرنسا التي انضمّت إلى هذا التوجّه متأخّرة، فقد أقرّت بحتمية إلحاق عملية التكوين بالجامعة.

وهكذا يصبح من الممكن النظر في خصخصة عمليات تكوين المعلّمين، ولاسيما في مجال التأهيل المهني. ويرى الكثير من الباحثين أن تعميم إلحاق عملية تكوين المعلمين بالجامعات هو تحدٍ أساسي يمكّن من خلق روابط للبحث.

3. إشكالية التوظيف

إنّ مسألة تحديد مستوى المسؤولية عن التوظيف في قطاع التعليم تثير الكثير من المشاكل. فلجوء العديد من الدول إلى مسارات بديلة أثناء عملية التوظيف، تطرح الكثير من علامات الاستفهام: من المسؤول بالضبط عن عملية التوظيف؟

تخضع عملية التوظيف غالبا لتجاذبات سياسية متعلقة بمعدّل البطالة، أو العرض مقابل الطلب، وليس على حساب الكفاءة. يبيّن ما يحدث في الجزائر، وكذا الحالة الفرنسية بعض أوجه الغموض في هذا المجال. وكذلك الحال في الكيفية التي تجنّد بها مجالس المدارس في مقاطعة كبيك الكندية المدرّسين، وكيف تتواجد أشكال مختلفة من "رخص التدريس".

كما أنّ الوضع الأمريكي يثير وجود مسارات بديلة للتوظيف. كل ذلك يعارض تقرير مؤسسة بيرسون Pearson للخدمات التعليمية على أهمية المعلمين ذوي الكفاءة العالية والحاجة لإيجاد طرق لتعيين أفضل المعلّمين. قد يرتبط ذلك بوضع المعلّم داخل الدولة والاحترام الوظيفي الذي يحظى به، إضافة إلى مستوى الدخل الذي يحصل عليه.

4. جاذبية المهنة

على الرغم من الزيادات المعقولة في رواتب المدرّسين، يعتبر التدريس مهنة غير جذّابة في الكثير من الدول، مقارنة مع الأطباء والمحامين والمحاسبين وغيرهم. كما أنّ معدل الاحتفاظ بالمعلمين الجدد في المهنة منخفض جدّا. على سبيل المثال، أكثر من 40% من مدرّسي الرياضيات المؤهلين في بريطانيا يتركون المهنة في غضون ثلاث سنوات من إكمال تكوينهم. لذا لا يستغرق الأمر سوى ست سنوات، لتكوين مجموعة جديدة تمامًا من المعلّمين للرياضيات في الطور الثانوي.

إنّ هذا الأمر مثير للقلق، حيث لاحظت الأبحاث في الولايات المتحدة الأمريكية أنّ التلاميذ يحققون أكبر قدر من التقدّم عندما يتم تدريسهم من قبل مدرّسين لديهم أكثر من خمس سنوات من الخبرة في التدريس. ويحتاج المدرّسون الجدد إلى الدعم في بداية ممارستهم للمهنة أكبر من أي وقت لاحق. وتشير الأبحاث إلى أهمية هذه السنوات الأولى من التدريس المحدّدة للشخصية المهنية للمعلّمين وقيمهم وأخلاقهم.

لقد أصبح التدريس في الغالب مهنة الإناث حيث يمثّل الذكور أقل من ثلث المعلّمين. هذا الاختلال في التوازن بين الجنسين يمثّل مصدر قلق لصانعي السياسات، خاصة أنّ عدد الذكور يستمر في الانخفاض، وهم أقلّ رغبة في الدخول لمهنة التدريس. كما أنّ ثلث المعلمين فقط هم تحت سنّ الـ 40 عاما في أوروبا.

إنّ انخفاض نسبة المعلّمين الشباب في بعض البلدان، إلى جانب تقاعد المعلّمين، يمكن أن يؤدّي إلى نقص حادّ في قوة اليد العاملة. فما من شك أن النقص في اليد العاملة، بالإضافة إلى ظروف العمل وعقوده وعدد ساعاته وأجوره وسنّ التقاعد، يشكّل مجموعة من التحدّيات. ومن أجل التغلّب على هذه التحديات، تحاول العديد من النظم التعليمية تأخير سنّ التقاعد للمعلمين وحرمانهم من الحصول على معاش كامل. إنّ العديد من البلدان توشك أن تواجه أو تواجه بالفعل، نقصا في المدرّسين المؤهلين في الرياضيات.

5. التقييم وضمان الجودة

يرتبط معيار ضمان جودة التكوين بعملية التقييم المصاحبة. في معظم البلدان، تنطبق معايير تقييم التعليم العالي على مؤسسات تكوين المعلّمين. هذا التقييم إلزامي أو موصى به في معظم البلدان. يمكن أن تكون هناك معايير

محدّدة لمؤسسات التكوين، وأحيانًا حول مرحلة أو جانب محدّد (تقييم ممارسة التدريب الميداني في إيرلندا؛ مرحلة التكوين تحت التجريب في ألمانيا).

نشير إلى أنه غالباً ما تستلزم اللوائح أكثر من إجراء واحد مع تقييم خارجي وداخلي. ونظرا لتعقيد موضوع تكوين المعلمين، قد تكون هناك تقييمات منفصلة للمكوّنات المختلفة أو جوانب التنظيم أو الإعدادات أو المراحل. في كبيك مثلا، تمّ إنشاء العديد من اللجان التي توجّه وتشرف وتقيّم عملية التكوين، نذكر منها لجنة اعتماد برامج تكوين المعلّمين (CAPFE)، ومن مهامها: مراجعة واعتماد برامج تكوين المعلّمين، ومتابعة تقييمية صارمة من خلال زيارات دورية ومستمرة للكليات المختلفة لتكوين المعلّمين.

ويتمّ في أغلب الأحيان إجراء تقييم خارجي لمؤسسات تكوين المعلّمين من قبل وكالات ضمان جودة للتعليم العالي وهي مستقلة أو على عاتق السلطات التعليمية رفيعة المستوى. تشارك، في بعض السياقات الوطنية، هيئة التفتيش المتعلّقة بالتعليم المدرسي أو مجلس التعليم. يمكن لفريق التقييم أن يشمل الأقران وخبراء التقييم والمفتشين والخبراء الأجانب.

تشير معايير التقييم عادة إلى تشريعات التعليم العالي ولوائح مؤسسات التكوين، كما تستخدم معايير التأهيل للمعلّمين. أما نطاق التقييم، فيشمل في كثير من البلدان: نتائج التقييم الداخلي ومحتوى البرامج، والاستراتيجيات، والمقاربات التعليمية، وتقييم الزملاء، وتقارير التقييم الذاتي، وقياس الأداء، ونتائج الطلاب، وإدارة الممارسات المدرسية والشراكات، وإدارة الموارد البشرية، والبنى التحتية. تأخذ بعض البلدان أيضًا بعين الاعتبار مواقف الطلاب المعلّمين وآرائهم.

إنّ عملية التقييم التي تنفّذها العديد من الدول هي عملية مرهقة تغطّي جميع جوانب البرنامج. مثل هذا الثقل، حسب تارديف Tardif وبورجيس Borges يؤدّي حتمًا بمرور الوقت إلى توحيد معين في برامج التكوين لمؤسسات التكوين المختلفة. وفي الغالب، تتمّ عملية التقييم بشكل دوري ومنتظم، وتربط بالعقوبات أو الحوافز (الاعتماد، التجديد أو الإلغاء، التّمويل)، بالإضافة إلى المتابعة.

في الأخير، يمكن القول إنّ حاجتنا اليوم ماسّة إلى إعداد وتكوين وتدريب وتأهيل الطالب-المعلّم بمواصفات خاصة. وبصورة أوضح، نحن بحاجة إلى تخريج نوعية جديدة من المعلّمين الذين لا يحوزون المعرفة النظرية المجرّدة بجوانب أكاديمية فقط، بل يتمتّعون أيضا بكفايات وظيفية جيّدة في التعليم والتدريس، ويملكون مهارات تربوية عالية. وهذا ما يحتاج بلا شك إلى تضافر جهود الجميع.

هذه القضايا والمناقشات المتعلّقة بالتكوين الأولي للمعلّمين والتي تطرّقنا إليها في هذا العدد من المجلة والعدد الذي سبقه -انطلاقا من التباين في الممارسات التربوية لبعض النظم التكوينية التي استطعنا الاطّلاع عليها- تجعل من الممكن تحديد بعض المشاكل المشتركة. ممّا يعطي بعض الأفكار حول ما يجب أخذه في الاعتبار عند تصميم وتطوير برامج التكوين في المستقبل.

مراجع

1. الحربي محمد بن صنب؛ المعثم خالد بن عبد الله (2013): مشكلات معلمي الرياضيات المبتدئين في المملكة العربية السعودية من وجهة نظرهم ومشرفيهم التربويين، مجلة العلوم التربوية، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية، المجلد 25(2)، 263-301.
2. المفرج، وآخرون (2007/2006) : الاتجاهات المعاصرة في إعداد المعلمين وتنميتهم مهنيا. قطاع البحوث التربوية والمناهج، جامعة الكويت.
3. Commission Européenne (2015): La Profession Enseignante en Europe: Pratiques, Perceptions et Politiques, Rapport Eurydice. Eurydice:http://www.eurydice.org
4. Ministère l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec (2008): La formation à l'enseignement. Les orientations relatives à la formation en milieu de pratique. Québec: Gouvernement du Québec.
5. OECD (2016): PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education, PISA, OECD Publishing, Paris.
6. Unesco (1981): La formation du personnel enseignant du premier et du second degré Étude comparative, Les Presses de l'Unesco.

أطر التفكير ونظرياته (2):
الأنظمة التمثيلية

نوّارة بادي
أستاذة بقسم علوم التربية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
nouara.badi@g.ens-kouba.dz

مقدمة

يُقسّم العلماء والباحثون في مجال علم النفس، وخاصة علم النفس المعرفي، الأفراد إلى عدة فئات مختلفة. ولكل فئة إستراتيجية معيَّنة في التفاعل والاستجابة للمؤثِّرات الداخلية والخارجية. وهكذا يُمكننا أن نفهم منبع تصرفات الأفراد وكيفية فهمهم للعالم الخارجي والتعامل معه. ومن هذه التصنيفات نجد :

- تصنيفهم بحسب تغليب الحواس لديهم ومعالجتهم للمعلومات الحسيَّة إلى: سمعي وبصري وحسِّي؛
- تصنيفهم بحسب جوانب الإنسان الثلاثة: فكري وشعوري وسلوكي؛
- تصنيفهم بحسب إدراكهم للزمن وتفاعلهم معه: من يهتم بالنَّاس، ومن يهتم بالنَّشاطات، ومن يهتم بالأماكن، ومن يهتم بالأشياء، ومن يهتم بالمعلومات، ومن يهتم بالوقت، ومن يهتم بالمال؛
- تصنيفهم بحسب الإدراك لديهم: من يعيش في موقع الذات، ومن يعيش في موقع الآخر، ومن يعيش في موقع المراقب؛
- تصنيفهم بحسب الأنماط السلوكية: اللّوام، والمسترضي، والواقعي، والعقلاني، والمشتَّت؛
- تصنيفهم بحسب البرامج العقلية: من يميل إلى الاقتراب ومن يميل إلى الابتعاد، وصاحب المرجعيَّة الداخليَّة، وصاحب المرجعيَّة الخارجيَّة، ومن يميل إلى الإجمال، ومن يميل إلى التفصيل، وصاحب دافع الإمكان، وصاحب دافع الضرورة، ومن يُفضِّل الخيارات المفتوحة، ومن يُفضل الخيارات المحددَّة، ومن يعيش في الماضي أو في الحاضر أو في المستقبل.

ولكلّ نمط من الأنماط السابقة مؤشِّراته المختلفة التي تدّلنا عليه، ومنها نجد: السمات الجسدية، والسلوكية، واللغة، والكلام. وما يهمّنا في مقالنا هذا هو التصنيف الأول الذي يعتمد على أنماط التفكير: السمعي والبصري والحسّي، أو ما يسمَّى بالأنظمة التمثيلية.

1. مفهوم أنماط التفكير

تشير أنماط التَّفكير إلى الطرق والأساليب المفضلة للفرد في توظيف قدراته واكتساب معارفه وتنظيم أفكاره والتعبير عنها بما يتلاءم مع المهام والمواقف التي تعترضه. فأسلوب التفكير المتَّبع عند التعامل مع المواقف الاجتماعية في الجوانب الحياتيَّة قد يختلف عن أسلوب التفكير عند حل المسائل العلمية. ممَّا يعني أنَّ الفرد قد يستخدم عدّة أساليب في التفكير، وقد تتغيّر هذه الأساليب مع الزمن.

عرّف فليمنج وبونويل Fleming & Bonzell أنماط التفكير المفضّلة بأنَّها: "الطريقة التي يستقبل بها الفرد المعرفة والمعلومات والخبرات، والطريقة التي يرتّب وينظِّم بها هذه المعلومات، ثمّ الطريقة التي يسجّل ويرمُز ويَدمج فيها هذه المعلومات ويحتفظ بها في مخزونه المعرفي. ومن ثمَّ استرجاع المعلومات والخبرات بالطريقة التي تمثل طريقته في التعبير عنها".

وعرفّها قطامي وآخرون كما يلي: "هي الطريقة التي ينتشل بها المعرفة والمعلومات والخبرة، والطريقة التي يُرتّب ويُنظّم بها هذه المعلومات، والطريقة التي يسجِّل ويرمُز ويبرمج فيها هذه المعلومات ويحتفظ بها في مخزونه المعرفي. ومن ثمَّ يَستدعيها بالطريقة التي تُمثِّل طريقته في التعبير، إمَّا بوسيلة حسَّية ماديَّة أو شبه صورية بطريقة رمزية عن طريق الحرف أو الكلمة أو الرقم."

2. نماذج ونظريَّات أنماط التفكير

2. 1. نموذج بايفيو (1971) Paivio

يقوم هذا التصور، الذي وضعه بابفيو، على نظريته المسمّاة بنظرية التشفير الثُنائي. تفترض هذه النظرية وجود نظام لتشفير أو تمثيل أو تجهيز المعلومات، تعرف باسم "نظم التمثيل الرمزية". وهي متخصِّصة في التعامل مع المعلومات، سواء كانت هذه المعلومات إدراكية أو وجدانية أو سلوكية. كما تفترض وجود نظامين فرعيين مستقلين لتمثيل أو تجهيز المعلومات. يختصُّ أحدهما بالتعامل مع الموضوعات أو الأحداث غير اللَّفظية. والآخر متخصِّص في التعامل مع اللُّغة؛ وهما: طريقة التفكير اللفظي وطريقة التفكير التصوري.

2.2. نموذج ستيرنبرج (1988,1993,1997) Sternberg

حسب نظرية أساليب التفكير، يرى ستيرنبرج أنّ هناك 13 أسلوباً للتفكير تندرج تحت الفئات الخمس وهي:

- الشكل ويشمل أساليب التفكير: الملكي، الهرمي، الفوضوي...؛
- الوظيفة، وتشمل: التشريعي، التنفيذي، الحكمي؛
- المستوى: العالمي، المحلي؛
- النزعة: المتحرر، المحافظ؛
- المجال: الخارجي، الداخلي.

ويُضيف ستيرنبرج: "إلاَّ أنَّنا نميل عادة نحو أسلوب واحد فقط داخل كل فئة من الفئات الخمس. ويمكن توضيح خصائص الفرد في ضوء أساليب التفكير عنده". تتميز هذه النظرية بمجموعة من المبادئ هي:

- الأنماط، وهي تفضيلات في استخدام القدرات وليست القدرات نفسها؛

- التنسيق بين الأنماط والقدرات يؤدي إلى توليفه أكبر من مجموع أجزائه، أي أنّ الأنماط مهمّة بالنسبة لنوعية العمل أو المهمة التي يختارها الفرد؛

- اختيارات الحياة يتطلب ملاءمة الأنماط وأيضا القدرات.

2. 3. نموذج هاريسون وبرامسون (1982) Harison &Bramson

يقترح هذا النموذج وجود خمسة أساليب يُفضّلها أو يتعامل بها الأفراد مع المعلومات المُتاحة حِيال ما يواجهونه من مشكلات ومواقف. يُبنَى هذا التصنيف على أساس السيطرة النصفية للمخّ النمط الأيسر والنمط الأيمن. فلكلٍّ منهما نمط مختلف عن الآخر في معالجة وتجهيز المعلومات حسب نوع الأداء (منطقي، غير منطقي)، ومحتواه لفظي- تصوري. ينتج عن ذلك خمسة أساليب تفكير أساسية. والتفكير من حيث أساليبه أو أنماطه أو استراتيجياته إلى مجموعة من الطرائق الفكرية التي يعتاد الفرد أن يتعامل بها مع المعلومات المتاحة لديه حيال ما يواجهه من مشكلات ومواقف على النحو الآتي:

أ. **التفكير النموذجي**: يفترض الفرد المثالي إمكانية المُلاءَمة بين وجهات النظر المختلفة والبدائل المتعدّدة. ويمكنه التوصل إلى حل شامل يرضي جميع الأفراد ويسعد الناس. ويكون المثالي راسخًا وثابتًا بقدر زيادة بحثه عن المثاليات

في المواقف. والاستراتيجية الرئيسة للفرد المثالي هي التفكير المتعلّق بالفهم الجيد، إذْ يرغب في أن يعيش الناس معًا في حب وتجانس. وهذا يتم إذا اتفقوا على أهداف عامة.

ب. **التفكير العملي**: يعتقد الفرد ذو التفكير العملي أنّ الأشياء تحدث بطريقة تدريجية. وللحقائق والقيم عنده أوزان متساوية. والمهمّ عنده ماذا يحدث؟ العوامل الذاتية، مثل الانفعالات والمشاعر تكون حقائق إذا كانت مناسبة للموقف. والاستراتيجية الأساسية للفرد العملي هي المدخل التوافقي، وهي استراتيجية كلّية تعتمد على مبدأين هما: ماذا نفعل؟ والاعتماد الكلي على الموقف. وهذا المدخل التوافقي ليس سلوكًا عشوائيًا إنَّما هو عملية تفاعلية بين الاستجابة والتكيُّف.

ج. **التفكير التحليلي**: يقصد به قدرة الفرد على مواجهة المشكلات بحرص، والاهتمام بالتفاصيل والتخطيط بحرص قبل اتخاذ القرار، وجمع أكبر قدر ممكن من المعلومات مع تكوين النظرة الشمولية.

د. **التفكير الواقعي**: لا يختلف عن أسلوب التفكير العملي، ولكنَّه يختلف في القيم والاستراتيجيات المستخدمة. يُعنى التفكير الواقعي بالاعتماد على الملاحظة والتجريب، وأنّ الأشياء الحقيقية أو الواقعة هي ما نَخبُره في حياتنا الشخصية مثلما نشعر به ونلمسه ونراه ونشمه. شعار صاحب التفكير الواقعي "الحقائق هي الحقائق".

2. 4. نموذج مؤشر النمط مايرز برجز (Mayers- Brigges type indictor)

يقوم هذا النموذج على نظرية الأنماط النفسية النابعة من أفكار يونغ. وهي أنّ السلوك لا يرجع إلى الصُدفَة، ولكن ينتج عن فروق قابلة للقياس في الوظائف العقلية، حيث يقسم الأفراد إلى النمط المنبسط أو المتمركزين خارج الذات؛ والنمط الحسي والنمط الفكري؛ والنمط الحكمي أو القضائي.

2. 5. نموذج فارك Vark

يتكوّن هذا النموذج من أربعة أنماط تفكير مفضّلة لدى الأفراد. حيث يمثِّل الحرف (V) كلمة (Visual) ويدلُّ على النمط البصري. ويمثِّل حرف (A) كلمة (Aural) ويدلُّ على النمط السمعي. ويمثِّل حرف (R) كلمة (Write/Read) ويدلُّ على النمط القرائي. ويمثِّل حرف (K) كلمة (Kinesthetic) ويدلُّ على النمط العملي.

يُركّز نموذج فارك على الوسائط الحسيّة الإدراكية التي يميل الفرد إلى استخدامها. والتركيز على كيفية تمثيل الدماغ للخبرة التي يواجهها، أو أساليب استقبال المنبّهات بهدف استيعابها. كما أنّ الطريقة المفضلة التي يستخدمها الفرد في تنظيم ومعالجة المعلومات والخبرات، وهي طريقته المميزة في تفكيره واستقباله للمعلومات المقدّمة إليه من البيئة، وطريقته في حل مشكلاته ويتم تصنيف الأفراد وفق نموذج فارك إلى أربع فئات:

- **نمط التفكير البصري** (Visual): يعتمد الفرد في هذا النمط على الإدراك البصري والذاكرة البصرية، ويتَّصف بترجمة ما يراه بشكل مناسب، ولديه قدرة على إدراك علاقات الخبرات الصورية بعضها ببعض.

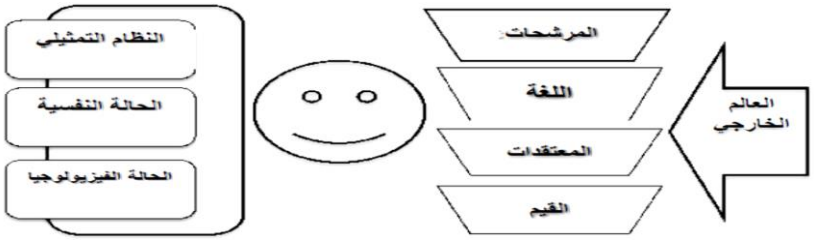
- **نمط التفكير السمعي** (Aural): يعتمد الفرد على الإدراك السمعي والذاكرة السمعيَّة، ويتصّف بفهم الخبرات المسموعة، ولديه قدرة عالية على الاستماع وتجهيز الخبرات والمعلومات السمعية.

- **نمط التفكير القرائي/الكتابي** (Read\Write): يعتمد الفرد على إدراك المعاني المقروءة والمكتوبة، ويدرك أفضل الخبرات التي يقرأها أو يكتبها، ولديه رغبة في تدوين الخبرات.

• **نمط التفكير العملي/ الحركي** (Kinesthetic): يعتمد الفرد على الإدراك اللّمسي، ويتعلّم من خلال العمل اليدوي، ويفضل النماذج والمواقف الحقيقية والطبيعية، ولديه مهارة في استقبال وتجهيز ومعالجة الخبرات العملية.

3. نظرية أنماط التفكير (الأنظمة التمثيلية)

يُعدّ ريتشارد باندلر وجون جرندل من رواد هذا النموذج من أنماط التفكير. يعتقد هذان الباحثان بأنّنا إذا كنّا نفهم العالم من حولنا ونجمع المعلومات عن طريق حواسنا الخمس، بحيث نرى ونسمع ونتذوق ونلمس ونشم ما حولنا، فإنّنا أيضًا نُمَثِّل هذه الأشياء داخليًا في أذهاننا. وبالتّالي إمّا أنْ نتذكر تجارب حقيقية حدثت في الماضي أو نتخيّل تجارب مستقبلية محتملة أو غير محتملة. فالتجارب التي حدثت في السابق هي عبارة عن صور ذهنية من الذاكرة، والتجارب المستقبلية هي صور ذهنية مبتكرة، ويمكن أن نمثّل الصورتين. يستخدم كثير من الناس النمط السمعي للتحدّث مع أنفسهم، وهذه إحدى طرق التفكير. والبعض الآخر يستخدم النمط الصوري. والبعض يستخدم حدسهم ومشاعرهم، وليست هناك طريقة واحدة للتفكير.



الشكل 1: يوضّح عملية معالجة المعلومات.

3. 1. مفهوم أنماط التفكير (الأنظمة التمثيلية)

يُعرّف الزهراني الأنظمة التمثيلية على أنها عبارة عن كيفيّة تمثيل الأشياء في الذهن، أي كيف نشفّر الحدث، هل شفّر كصورة أو صوت أو إحساس. وهذا يشكّل مصدر العديد من معتقداتنا وسلوكياتنا وقيمنا وفهمنا، والذي بدوره يشكّل ويصيغ الممثّلات الداخلية التي نستخدمها.

ويُعرّف التكريتي الأنظمة التمثيلية أو أنماط التفكير بأنها الحالة العقلية لفرد ما في لحظة ما. وهي ما يراه الشخص ويتصوّره ويحسّ به في مخيّلته، وما يُحدّث به نفسه، ثمّ ما ينعكس من ذلك كلّه على حركاته وتنفسه وتعبيرات وجهه وحركات عينيه.

ويُعرّف أنتوني الأنظمة التمثيلية على أنها تعبير عن كيفية تشكيل تجربتنا في هذا العالم عن طريق المعلومات التي نتلقاها باستخدام الحواس الخمس. وبما أنّنا نميل إلى تطوير أسلوب معين فالبعض يتأثر بما يراه نظامه البصري السائد، أمّا بالنسبة لآخرين فإنّ الصوت هو الذي يطلق أعظم تجاربهم، بينما يكون الإحساس هو الأهمّ لآخرين.

3. 2. أنواع أنماط التفكير (الأنظمة التمثيلية)

يعتبر كل من جون جرتندل وريتشارد باندلر أنّ باستخدام حواسنا في التفكير، وتسمّى الأنظمة التمثيلية أو أنماط التفكير السمعي والبصري والحسي، فإنّنا نُمثّل المعلومات الصادرة من الحواس الخمس على شكل رموز ونمثّلها داخليًا في أذهاننا على شكل صور أو أصوات أو أحاسيس. لا تستخدم هذه الأنظمة وحدها منفصلة عن بعضها، أي لا تستخدم نظام تمثيلي واحد فقط. فالتفكير أو معالجة المعلومات تشمل جميع الأنظمة والأنماط أو بعضها بشكل

أساسي، حيث يميل الناس إلى استخدام نظام واحد أكثر من غيره، فكلُّ تجاربنا وخبراتنا ما هي إلاَّ نتيجة لما نرى ونسمع ونلمس ونشم ونتذوّق. عند تحليل مهارة شخص نجدها تعمل بواسطة تطور وتسلسل هذا النظام التمثيلي.

أ. **نمط التفكير السمعي**: يستخدم هذا النظام التمثيلي ذاكرة الأصداء الصوتيّة لأنَّها مسؤولة عن استقبال الخصائص الصوتيّة للمثيرات البيئيّة. ومن بين صفات أنماط التفكير السمعي ما يلي:

- الشخص السمعي هو الذي يتميّز بنظام تمثيلي أساسي سمعي، ويميل إلى التنفس المعتدل والتحدث بهدوء دون مقاطعة غيره ويتحدّث بنغمة وإيقاع متباينين.
- تكون حركاته الجسديّة أقل من الشخص الصوري، فهو يميل برأسه إلى أحد الجانبين وكأنه يستمع إلى شخص على الهاتف.
- تتحرك عيناه في المجال الأفقي، وهو يُسيطر على إيقاع صوته وهدوئه أثناء التحدث.
- عندما يطلب من الشخص السمعي أن يصف تجربة فسوف يركّز أولا على أصوات تلك التجربة.
- يعمل تنفسه بطريقة منتظمة نوعًا ما، ويتحدّث بوضوح وصوت ذي مواصفات جيدة.
- يتكلّم مع نفسه كثيرًا ولديه حساسية مفرطة اتجاه الأصوات. وبسبب هذا، فإنّ الأصوات المزعجة تصرف عنه التركيز.
- يتعلّم بواسطة الإصغاء.
- يميل الأشخاص السمعيون إلى التنفس البطيء، والتحدث بنبرات ونغمات مختلفة ومتباينة، ولديهم القدرة على الاستماع دون مقاطعة.
- يتخذون قرارات مبنية على التحليل الدقيق.
- يقلّلون أدنى مستويات المخاطرة.

ب. **نمط التفكير البصري (Visually)**: هو العمليّة الكلّية للتفكير من خلال الصور والعلاقة بين الصور. يفضّل هورويتز استخدام مصطلح الصورة للإشارة إلى خبرة نوعيّة، واستخدام مصطلح التفكير البصري للإشارة إلى أنماط مختلفة من الخبرات التي تشمل على أنواع مختلفة من الصور، لكنها تتجمع معًا.

تشير الأدبيات النفسية والتربوية إلى أنّ الإنسان يتذكر 20 % ممّا يقرأ، و 30 % ممّا يسمع، و 40% ممّا يرى، و50% ممّا يتحدّث به؛ وأنّ استخدام أكثر من حاسّة في عمليّة التفكير أفضل من استخدام حاسّة واحدة.

لقد أظهرت نتائج أبحاث سبرلينج (1963) أنّ المعلومات عن المثيرات الخارجية تُخزّن في الذاكرة على شكل صور، وهي مطابقة على نحو حقيقي لما هو موجود في الواقع الخارجي. كما أنّ مثل هذه الانطباعات تبقى في هذه الذاكرة لمدة وجيزة. والتعرّضات السريعة للخبرات البصرية تمكّن من استقبال معلومات كثيرة عن هذه المثيرات. ثم إنّ ما يتمّ تشفيره هو الجزء اليسير من هذه المعلومات، كما تشير نتائج دراسات كلمنهوارد (1983). فهذه الذاكرة تشمل صورا عقلية للخبرة البصرية تبقى لفترة قصيرة جدًا بعد التعرّض المباشر للمثير، ممّا يتيح للفرد استدعاء بعض المعلومات عن الخصائص البصريّة عن هذا المثير. ومن بين صفات النِّظام البصري ما يلي:

- أنّ الشخص البصري يستخدم الحركات الجسدية كثيرًا أثناء حديثه، وذلك لوصف ما يراه في ذهنه من صور، وهو الإدراك الناتج عن الرؤية الحقيقية أو من الذاكرة أو حتى المتخيّلة.
- الأشخاص البصريون هم الذين يتميّزون بنظام تمثيلي أساسي بصري، ويميلون إلى التنفس السريع والتحدث بسرعة، وقد يقاطعون غيرهم ويتحدثون بصوت مرتفع.
- أنّ الشخص البصري يقف ويجلس في كثير من الأحيان، وجسمه منتصب وعيناه إلى الأعلى.

- غالبًا ما يكون تنفسّه من أعلى الصدر.
- أمّا الحركة فتصرف انتباهه لأنَّه يتعلّم ويتذكر بمشاهدة الصور، ويصبح في حالة من الملل في المحاضرات والدروس والاتصال بالناس بدون وسائل إيضاحية، فهو يحتاج إلى هذه الوسائل المرئية للتفكير والتعلم والفهم.
- يهتمّ بالدرجة الأولى بالشكل أكثر من الأصوات المنبعثة منها، أو المشاعر التي تمثّلها.
- هذا النظام يهتمّ ويقوم بمشاهدة الصور الخارجية، فالعالم أشياء مختلفة يمكن مشاهدتها.
- يتخذون قرارات بسرعة، مبنية على ما يرونه، ويفيضون بالطاقة.
- التفاعل العالي مع المتغيرات السريعة حيث لا تتوفر معلومات.
- يتعامل مع الاختبارات السريعة والشفوية بشكل جيد.
- سريع في الرد على الآخرين، ولديه حب السيطرة لأنه يظن أنه يرى الصورة كاملة.

ج. **نمط التفكير الحسّي (Kinesthetic)**: يتميَّز الشخص الحسّي بعدة أنماط سلوكية وعقلية، نجد من بينها:

- الأشخاص الحسيُّون هم الذين يتميّزون بنظام تمثيلي أساسي حسّي، ويميلون إلى التنفس البطيء والتحدّث ببطء، ويتحدّثون بصوت منخفض جدًّا.
- يُعبِّر الشخص الحسِّي عن مشاعره وأحاسيسه، وهو ينظر إلى الأسفل أثناء التحدث.
- يبدو أحيانا هادئًا وساكنًا عندما يتطرّق لمشاعره الدّاخلية.
- عندما يعبّر عن مشاعره فإنَّه يعبّر عنها بالكلمات وليس بالصور.
- فهو يستخدم كلمات تدلُّ على الحسّ والحركة والعمل واللمس والمسك.
- يتنفسون ببطء شديد ويتحدّثون ببطء ولهم وقفات طولية أثناء معالجتهم للمعلومات.
- ينصبون اهتمامهم بدرجة أكبر بالعواطف.
- قراراتهم مبنيّة على المشاعر المستنبطة من التجربة.

3.3. طرق الكشف عن أنماط التفكير (الأنظمة التمثيلية)

يمكن معرفة ذلك من خلال عدَّة طرق متسلسلة : أوَّلا، استخدام مقياس الكشف عن النظام التمثيلي الأساسي؛ وثانيا، الكلمات المستخدمة بكثرة وبنمطيَّة وبتكرار من الفرد؛ وثالثا، حركات العينين.

أ. **المقاييس والاختبارات النّفسية**: من بين المقاييس المُهمَّة في قياس التفكير نجد: مقياس ستيمبرج وهاريسون وبرامسون؛ ومقياس فارك من إعداد فليمينج؛ ومقياس سونايت لأنماط التفكير (الأنظمة التمثيلية) الخمسة. وهناك بعض المحاولات من بعض الباحثين في هذا المجال مثل: نموذج الزهراني والتكريتي.

ب. **التأكيدات اللّغوية**: هي عبارة عن الكلمات والتعابير التي نستخدمها في توضيح النظام الذي نفضِّله. فبعض النَّاس يميلون إلى استخدام تعابير حسيَّة لنظام تمثيلي معين أكثر من الأنظمة الأخرى. وبالاستماع إلى الكلمات والعبارات، أو عن طريق الكتابة يمكن بدقة تحديد النظام الغالب لدى الشخص. ويطلق على الكلمات المستعملة لتحديد النظام التمثيلي الأساسي "لحن الخطاب" أو "التأكيدات اللغوية".

الشخص السمعي	الشخص البصري	الشخص الحسي
يسمع - يستمع - يقول - ضجيج - صوت - كلام سكوت- ذروة إيقاع - قال - تحدث - شكي - سأل -نطق صرخ- ثرثرة - غنى - أعلن - ذكر ناقش - طلب أصغى - أصم - صدى .	يرى – ينظر- يراقب يظهر- يتخيل - بلون يتهيأ - رؤية - وجهة حدق -لاحظ، عرض ليل ، نهار- وميض ظلام - صباح - شروق اختفى - يعكس.	يشعر - انفعال - هدوء إحباط - ضغط - مرتبك عصبي- وحيد - مرتاح مرهق - يضرب - ينزلق يطمئن -ناعم- خشن قاسي - يحمل - يعاني يلمس – يعانق.

الشكل 2. يمثّل التأكيدات اللغوية للأنظمة التمثيلية الأساسية.

إذًا فهي كلمات وجمل وصفيَّة، وهي بالتخصيص أفعال وأحوال وأوصاف تدلُّ على أنَّ شخصًا يفضّل نظامًا تمثيليًا معينًا. ومع الاستماع للأشخاص سوف ندرك أنَّهم يلجؤون إلى تأكيدات لغويَّة بصريَّة أو سمعيَّة أو حسيَّة.

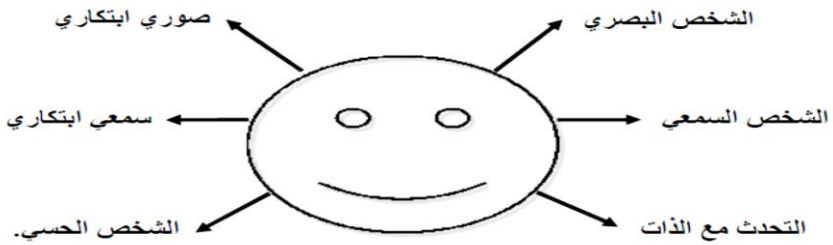
ج. **إشارات الوصول العينية أو حركات العينين:** تُستخدم حركات العينين أو إشارات الوصول العينيَّة لفهم تغيير السلوك. فهذه الطريقة تصف العمليَّة التي بها نفهم ونمثِّل العالم، وبها يُمكن الكشف عن نمط التفكير الأساسي (النظام التمثيلي). تشمل هذه الحركات النظر إلى الأعلى والأمام والأسفل واليمين واليسار. هذه دلالة على أنَّنا نتذكَّر ونبتكر تجارب مختلفة من خلال الصور والأصوات والمشاعر، الخ.

ومن بين إحدى الدراسات الأولى عن حركات العينين والتي تعتبر من الأبحاث الكثيرة التي تحدثت عن الدّماغ، ومنه الشق الأيمن والأيسر الدّماغي المهيمن وعلاقته بالنظام التمثيلي الأساسي والغالب، دراسة قام بها داي Day نُشرت في مقالة علميّة تحت عنوان (Eye Movement Phenomenon). صدرت هذه الدراسة عام 1964، في مجلة (Perceptual Motor Skills). وذكر فيها داي أنَّ الأشخاص يبدؤون في استخدام حركات العينين من سنّ الثالثة كردّ فعل اتجاه الأسئلة والاستفسارات المختلفة، والتي تتطلَّب الإجابة عنها قدرا من التفكير والتأمُّل.

هناك نتائج الأبحاث التي أصدرها غيليلن وأورنشتاين سنة 1874 في مجلَّة (Neuropsychological) بعنوان (Individual Differences in Cognitive). أكَّدت كلُّ هذه الدراسات اتجاه حركات العينين بناءً على النصف الدِّماغي المهيمن أو المتخصّص في كل حركة. وأنّ حركات العينين اتجاه اليسار تعمل على تنشيط الفص الدماغي الأيسر المتخصص في المهارات اللغوية والتخاطب، على عكس الفص الدّماغي الأيمن المتخصص في المهارات الصورية والمكانية. وقد يستخدم الإنسان حركات العينين الدالة على التذكر الصوري أو السمعي أو حديث النفس لذلك فإنَّه يستخدم الفصّ الدّماغي الأيمن وتتجه العينين نحو اليسار. وهذا الفصّ من الدّماغ هو المسؤول عن معالجة المعلومات تزامنًا، ومعالجة الصور الذهنية، والأنماط والأشياء الجمالية، وله رد فعل قوي اتجاه المعلومات الصوريّة أو الحسيّة.

وبعد كلّ هذا، تبقى حركات العينين وعلاقتها بالتفكير تطبق على جميع الناس على اختلافهم في استخدام الفص الأيمن والأيسر في تخزينهم للمعلومات الصورية والسمعية والحسية ومعالجتهم لها. حيث تنطبق على الأكثرية من الناس هذه الاتجاهات لعيونهم، عندما يكون في ذهن الواحد منهم أحد الأنماط الستَّة. وهناك حالات يحدث فيها العكس مثل التي يكون عليها الأعسر الذي يكتب بيده الشمال. وإذا غلب على شخص أحد الأنماط الستَّة المذكورة

أكثر من غيره، نقول إنّ النمط الغالب أو الأساسي على تفكيره هو النمط الصوري (ص) أو السمعي (س) أو الحسي(ح).



الشكل 3. يمثّل نموذجا لحركة العينين : إشارات الوصول العينية.

الخاتمة

تُعتبر عمليّة التفكير من أرقى العمليات المعرفية وأعقدها، لما تتَّصف به من عدَّة عناصر تُستعمل في هذه العملية، من ترميز ومعالجة وتفاعل بين مجموعة من العناصر المختلفة والعلميات العقلية الأخرى مثل: الإدراك والذاكرة. ومن العناصر السالفة الذكر في هذا المقال أنَّه يُمكن استنباط النِّظام التمثيلي للشخص من الكلمات التي تصدر عنه، أي يمكن استخلاص نمط التفكير الأساسي من خلال الأدوات المناسبة من خلال المقاييس والاختبارات، وكذا حديث الشخص وحركاته. فإذا تحدَّثنا مع شخص ولاحظنا حركات عينيه، يمكننا تأكيد ملاحظاتنا من إشارات الوصول العينية له، أيّ من اتجاه حركات عينيه، والملاحظة الدقيقة للكلمات في مجمل الكلام. حيث تتَّجه إلى غالبية نمط من الأنماط الثلاث على تفكيره. يُمكن تصنيف شخص معيّن بأنَّه يغلب عليه أو على عُرفه نمط معيّن من الأنماط السابقة.

المراجع

1. التكريتي محمد، (1994)، آفاق بلا حدود، بحث في هندسة النفس البشرية، دار ابن خلدون، الإسكندرية، مصر.
2. جرين جوديت، (1992)، التفكير واللغة، ترجمة: عبد الرحيم جبر، الهيئة المصرية العامة للكتابة.
3. الدردير عبد المنعم أحمد، (2004)، دراسات معاصرة في علم النفس المعرفي، ج1، عالم الكتب، القاهرة، مصر.
4. أنتوني روبنز، (2001)، أيقض قواك الخفية، ترجمة: حصَّة إبراهيم، مكتبة جرير.
5. الزغلول رافع النصير والزغلول عماد عبد الرحيم، (2008)، علم النفس المعرفي، دار الشروق، عمان، الأردن.
6. الزهراني عبد الناصر، (2005)، البرمجة اللغوية العصبية، ج1، دار بن حزم.
7. شاكر عبد الحميد وخليفة عبد اللطيف، (2000)، دراسات في حب الاستطلاع والإبداع والخيال، دار غريب.
8. قطامي يوسف وأبو جابر ماجد وقطامي نايفه، (2000)، تصميم التدريس، دار الفكر، عمان، الأردن.
9. مجدي حبيب، (1996)، التفكير والأسس النظرية والاستراتيجيات، النهضة المصرية، القاهرة، مصر.

فيزيـــــاء وفلك

أصل الكتلة وأسرار الكون

أمين احريش

أستاذ فيزياء الجسيمات الأولية والكونيات، جامعة الشارقة، الإمارات العربية المتحدة

ahriche@sharjah.ac.ae

مقدمة

عندما نسمع كلمة كتلة، تتبادر إلى أذهاننا مقادير فيزيائية مرادفة، كالحجم أو الوزن أو كمية المادة الموجودة في حيز مكاني ما. ورغم أنّ هذه المفاهيم ليست متطابقة تماما، لكنّها في مجملها تعبرّ عن مفهوم واحد، والذي يمكن أن نُلخّصه في عدد الجزيئات لمادة ما محتواة في حجم مُعرّف، حيث أن الجزيء هو الوحدة الصغرى من المادة التي تعبرّ عن خصائصها الكيميائية.

وطبيعة الحال، كما هو معلوم فإن الجزيئات تتكوّن من ذرات، بينما تتكوّن الذرة من نواة وإلكترونات ذات شحنة كهربائية سالبة تدور حول النواة بشكل هو أقرب إلى السحابة المحيطة بها منه إلى مدارات محدّدة. وبما أنّ الذرة تحمل شحنة كهربائية متعادلة فإن النواة تحمل عددا من البروتونات (ذات الشحنة الكهربائية المعاكسة لشحنة الالكترونات) يساوي عدد الالكترونات، بينما يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات في الغالب أو يساويه. إذا علمنا أن كتلة البروتون مساوية بالتقريب لكتلة النيوترون وأكبر بـ 2000مرة من كتلة الإلكترون فإن مجمل كتلة الذرة هي كتلة النواة (أي بالتقريب كتلة البروتونات والنيوترونات).

وإذا أردنا أن نكون أكثر دقة فإن كتلة النواة الذرية هي أقل بقليل من مجموع كتل النيوترونات والبروتونات إذ يُمثّل ذلك الفرق الطفيف طاقة الترابط النووي (Nuclear Binding Energy)، وذلك بحسب المعادلة الفيزيائية الأكثر شهرة التي أتى بها آينشتاين $E=mc^2$ (حيث تُمثّل E الطاقة و m الكتلة و c سرعة الضوء في الفراغ)، والتي تُكرّس فكرة التكافؤ بين مفهومي الطاقة والكتلة في الفيزياء الحديثة. لقد غيرّت هذه المعادلة الأخيرة الكثير في حياة البشرية، مثل الفيزياء الطبية، وتوليد الكهرباء من الطاقة النووية.

ولكن، هل تساءلنا لماذا تحمل البروتونات والنيوترونات كتلة؟ لماذا كتلتها أكبر بكثير من كتلة الإلكترون؟ هل البروتونات والنيوترونات هي جسيمات أولية (أساسية)، أم أنها بدورها تتكوّن من جسيمات أصغر؟ هل توجد أشكال أخرى من المادة تتكوّن من جسيمات مشابهة للإلكترونات ولمكوّنات البروتونات والنيوترونات ولكنّها مختلفة عنها في بعض الخصائص؟ هل المادة المرصودة في كوننا المنظور (أو القابل للرصد حسب إمكانيات البشر الحالية والمستقبلية) تُمثّل كل المادة (أو الطاقة) الموجودة في الكون؟ هل كلّ مكوّنات الكون تتفاعل مع بعضها بالطريقة ذاتها أم أنّها تتفاعل بواسطة قوى مختلفة عن بعضها البعض تماما؟ كيف، ولماذا تولّدت كتلة للجسيمات أثناء خلق (أو ولادة) الكون؟

إن الغوص في هذه الأسئلة يجعلنا نطرُق أحد أكثر أبواب الفيزياء حداثة وتشويقا واستعمالا للرياضيات المتقدمة، ناهيك عن أنّه الأكثر شغفا على الإطلاق، إنّها فيزياء الجسيمات الأولية التي تهتم بدراسة التفاعلات الأساسية للجسيمات الأولية وعلاقتها بالمراحل الأولى في عمر الكون، أي عندما كان عمر الكون أقل من 380 ألف سنة. لكي نتناول هذه المواضيع، يجب أن نتطرّق إلى بعض مفاهيم الفيزياء الحديثة، سنحاول طرحها بطريقة مبسطة وبعيدة عن التعقيدات الرياضية.

من خلال هذا المقال، سنقوم بوصف التفاعلات الأساسية لمختلف الجسيمات الأولية، ثم نُقدّم لمحة عن قصة الكون متطرّقين إلى أهم الأحداث المرتبطة بنظريات فيزياء الجسيمات. وبعدها، سنقوم بمناقشة آلية حصول الجسيمات الأولية على كتلها، وبعدها نناقش علاقة كتلة كلّ من البروتون والنيوترون ببنيتهما الداخلية. وفي الأخير، نستعرض مختلف الأسئلة التي ما تزال مفتوحة بالنسبة إلى كلّ من فيزياء الجسيمات الأولية والكونيات.

1. التفاعلات الأساسية للجسيمات الأولية

تنصُّ النظريات المُثبتة حديثا على أنّ المادة في مجملها تتكوّن من جسيمات أولية تسمى الكواركات (quarks)، وأنّ البروتون والنيوترون يتكوّنان من كواركين اثنين فقط: الكوارك العلوي u (up) والسفلي d (down)، حيث proton=uud وneutron=udd (الشكل 1).

الشكل1. مكونات البروتون والنيوترون، حيث أن لكل كوارك لون مختلف (أحمر، أخضر أو أزرق) بسبب أن الهادرونات (مثل البروتون والنيوترون) يجب أن تكون عديمة اللون.

ولكنّ الكواركين u وd ليسا هما الوحيدين في الطبيعة، بل لدينا أربعة كواركات أخرى هي: الساحر (charm c)، الغريب (strange s)، القمّي (top t)، والقعري (bottom b). بالإضافة إلى أنّ الإلكترون لديه أخ عديم الشحنة الكهربائية ومهمل الكتلة (النوترينو الالكتروني)، ولديه كذلك أبناء عمومة تتشابه معه ومع أخيه في الخصائص وهي الميون μ (لديه شحنة الإلكترون ولكنه أثقل بـ 200مرة) والطاو τ (لديه شحنة الإلكترون كذلك، ولكنه أثقل بـ 3500مرة) بالإضافة إلى النوترينوهات المرافقة لها.

تسمّى عائلة الإلكترون باللبتونات (leptons)، وهي مع الكواركات تسمّى فرميونات (fermions)، حيث أنّ لديها عزم ذاتي (سبين) نصف صحيح مما يجعلها توصف بالنموذج الإحصائي لفيرمي-ديراك على عكس البوزونات التي توصف بالنموذج الإحصائي لبوز-آينشتاين (انظر الملحق 1). تُصنّف هذه الجسيمات إلى ثلاث عائلات أو أجيال:

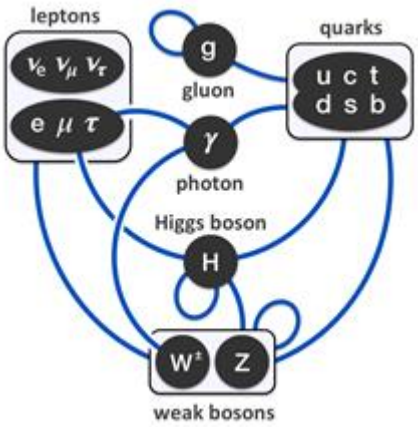
1. العائلة الأولى تضم الكواركين u و d، بالإضافة إلى الإلكترون والنيوترينو المرافق له، حيث تتشكّل كل المادة المرصودة من هذه العائلة.
2. العائلة الثانية تضم الكواركين s و c، بالإضافة للميون والنيوترينو المرافق له. ويمكن أن توجد في الطبيعة لمدة قصيرة جدا كنواتج لتصادم الأشعة الكونية (جسيمات مشحونة كهربائيا وعالية الطاقة قادمة من الوسط بين النجمي، غالبا بروتونات) مع الطبقات العليا للغلاف الجوي للأرض (غالبا ذرات الأوزون).
3. العائلة الثالثة تتكوّن من الكواركين t و b، بالإضافة إلى لبتون الطاو والكترونه المرافق، ويتمُّ تخليقها فقط في مصادمات الجسيمات عالية الطاقة، كما سنرى لاحقا.

تخضع الجسيمات الأولية في الطبيعة إلى أربعة تفاعلات متباينة من ناحية الحدّة والخصائص: القوة (1) الكهرومغناطيسية التي تصف الكهرباء والمغناطيسية والضوء، (2) الضعيفة، (3) القوية، (4) الجاذبية. هذه الأخيرة تختلف اختلافا بنيويا عن بقية التفاعلات الأخرى، إذ أن نظرية الجاذبية (النسبية العامة) ذات طابع هندسي وليس

عياري كبقية القوى الأخرى. والمقصود هنا بالطابع الهندسي للنظرية هو أنّها تنصُّ ببساطة على التكافؤ بين كمية المادة (أو الطاقة) الموجودة وانحناء نسيج الزمكان (المكان والزمان اللذان يمثلان نسيجا موحدا حسب النسبية العامة). أما التفاعلات العيارية فتحدث عبر حاملات تفاعل، والتي هي جسيمات تملك سبين=1، تسمى البوزونات العيارية.

يعود الفرق بين خواص التفاعلات العيارية إلى مفهوم رياضي مهم وعميق: التناظرات (symmetries)، الذي وضعت أساسه الرياضياتية الألمانية إيمي نوثر Emmy Noether سنة 1918، والذي ينصُّ ببساطة على أنّه إذا وُجدت تناظرات لدى جملة فيزيائية فإن ذلك سيؤدي حتما إلى وجود كميات فيزيائية محفوظة والعكس صحيح : أي إذا وجدت كميات محفوظة فإن سبب ذلك هو وجود تناظرات (انظر الملحق 2). لهذا فإن القوى العيارية الثلاث (الكهرومغناطيسية والضعيفة والقوية) تختلف عن بعضها بسبب اختلاف التناظر الذي تملكه كلٌّ منها.

إن أبسط القوى، من ناحية شكل التناظر الذي تملكه، هي القوة الكهرومغناطيسية التي تملك حاملا وحيدا لتفاعلها، وهو جسيم الضوء (أو الفوتون). أمّا القوى التي تملك تناظرا أكبر فهي القوى النووية القوية والتي تملك 8 حاملات للتفاعل (وتسمى غليونات gluons). في حين تملك القوى الضعيفة 3حاملات للتفاعل اثنين مشحونين كهربائيا ($W^{\pm}$) وواحد محايد كهربائيا (Z^0). نلاحظ أن كلاّ من $W^{\pm}$ و Z^0 يمثّل جسيمات ثقيلة نسبيا مما يفسّر محدودية مدى تأثير التفاعلات الضعيفة على عكس التفاعلات الكهرومغناطيسية والقوية ذات المدى اللانهائي، كون حاملات تفاعلها عديمة الكتلة.



الشكل2. التفاعلات الممكنة بين مختلف مكونات النموذج المعياري.

يوضحُّ الشكل 2 التفاعلات التي يملكها كل جسيم وعبر أيّ قوة (أي بواسطة أيّ حامل تفاعل). تسمّى النظرية التي تصف القوى العيارية الثلاث بالنموذج المعياري (Standard Model) لفيزياء الجسيمات، وقد ساهم في وضعها عديد العلماء بشكل مستقل خلال ستينيات القرن الماضي. وبفضل هذه النظرية التي وصفت معا (وحّدت) ثلاث قوى طبيعية تمّ تتويج كل من شيلدون غلاشو Sheldon Glashow، ومحمد عبد السلام وستيفن وينبرغ Steven Weinberg بجائزة نوبل للفيزياء سنة 1979. حتى الآن، تناولنا كلّ المكوّنات ما عدا جسيمة الهيجز المسؤولة عن حصول كلّ مكوّنات النموذج المعياري على كتلها من خلال ما يسمى آلية الهيجز أو الانكسار التلقائي للتناظر الكهروضعيف.

2. الانكسار التلقائي للتناظر الكهروضعيف

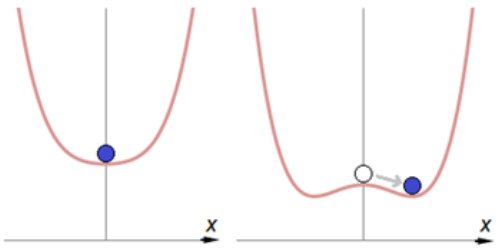
لكي نفهم ظاهرة الانكسار التلقائي للتناظر الكهروضعيف، يجب مناقشتها من خلال سياقها الزمني، إذ أنّ الفوارق بين مختلف التفاعلات تظهر جليا عند الطاقات العالية. حيث أنّ هذه الظروف إمّا يمكن تخليقها فقط في مختبرات مُسرّعات الجسيمات، أو أنّها وجدت أثناء اللحظات الأولى من عمر الكون المبكر حسب نظرية الانفجار العظيم الذي أدّى إلى ولادة الكون بشكله المعروف حاليا.

وحسب النسخة الحديثة من نظرية الانفجار العظيم فإنّ الكون بدأ كنقطة لامتناهية الصغر، ولانهائية الكثافة ولانهائية درجة الحرارة. عند اللحظة $t = 0\ s$، بدأ الكون في التمدُّد، وكلما زاد حجمه نقصت كثافته ودرجة حرارته. ;أثناء الثلاث دقائق الأولى، وقعت أحداث مهمة حدّدت شكل الكون الحالي. نكتفي هنا بذكر بعضها فقط، وسنناقش التفاصيل في مقال منفصل مستقبلا. وتتمثّل هذه المحطات المهمة في:

- التضخم الكوني الذي حدث عندما كان عمر الكون 10^{-35} ثانية،
- انتقال الطور الكهروضعيف عندما كان عمر الكون حوالي 10^{-10} ثانية، حيث انفصلت القوّتان الضعيفة والكهرومغناطيسية، وأصبحت كل الجسيمات الأولية ذات كتلة (ماعدا الفوتون).
- عندما أصبح عمر الكون 0.001 ثانية، أصبحت حدّة القوّة القوية كبيرة بشكل كاف يسمح لها بحبس الكواركات والغليونات داخل جسيمات غير أولية تسمى هادرونات (مثل البروتون والنيوترون).
- عندما برد الكون كثيرا (عند 380ألف سنة)، تنفصل الإلكترونات عن الحمّام الحراري متحدّة مع النَوَى مُشكّلة ذرات (وجزيئات) الهيدروجين والهليوم إذ يُسمّى الغاز الناتج الغبار الكوني (cosmic dust). وهنا تبدأ دورة حياة النجوم حيث يكون للجاذبية دور أساسي في هذه العملية.

كما أشرنا سابقا، فإن انتقال الطور الكهروضعيف حدث عندما كان عمر الكون 10^{-10} ثانية، حين أصبحت كل الجسيمات ذات كتلة بعدما كانت عديمة الكتلة، وانفصلت القوتان الكهرومغناطيسية والضعيفة بعدما كانتا قوة واحدة (القوة الكهروضعيفة). ولكن كيف حدث هذا الانتقال بالضبط؟ وكيف يمكن فهمه ووصف التفاصيل المتعلقة به؟ إنّ ظاهرة انتقال الطور عبر الانكسار التلقائي للتناظر حاضرة في الطبيعة عبر العديد من الظواهر الفيزيائية مثل الناقلية الفائقة (superconductivity)، والمغناطيسية (feromagnetism)، وتبخر وتجمد الماء، وغيرها من الأمثلة.

لتوضيح معنى الانكسار التلقائي للتناظر، ينبغي الاستعانة بمثال كلاسيكي بسيط. ليكن الجسيم في الشكل 3 (يسار) إذ أن وضعية الجسيم ($x = 0$) تُمثّل الوضعية المفضّلة للجملة الفيزيائية، كونها تعبّر عن القيم الأقل للطاقة الكامنة، حيث يمكننا أن نسمّيها القيمة المتوسطة المتوقعة (vacuum expectation value)، أي $\langle x \rangle = 0$.



الشكل 3. مثال توضيحي يشرح كيفية انكسار تناظر الانعكاس بسبب أن القيمة المفضلة للكمون تو افق إحداثية غير معدومة x≠0.

هذه الوضعية تجعل الجملة تمتلك تناظر الانعكاس، أي إذا قمنا بعكس اتجاه المحور ox تبقى الجملة صامدة بالنسبة إلى هذا الانعكاس. وإذا تغيّرت معطيات المسألة يتغيّر المسار الأصلي من الشكل في اليسار إلى الشكل في اليمين. في هذه الحالة يصبح موقع الجسم ($x = 0$) ليس مفضّلا طاقويا (لأن الجسيم لا يملك فيها أقل قيمة للطاقة)، أي $\langle x \rangle \neq 0$، وبالتالي على الجملة أن تنتقل من حالة ذات قيمة متوقعة معدومة $\langle x \rangle = 0$ إلى حالة ذات قيمة متوقعة غير معدومة $\langle x \rangle \neq 0$. وفي هذه الحالة الأخيرة، تكون الجملة قد فقدت خاصية تناظر الانعكاس الذي كانت تملكه. ويسمى هذا انكسارا تلقائيا للتناظر، ويسمى كذلك انتقال الجملة من حالة $\langle x \rangle = 0$ إلى حالة $\langle x \rangle \neq 0$ بانتقال الطور.

في النموذج المعياري، لا يسمح تناظر القوة الكهروضعيفة بوجود كتل للجسيمات. وبالتالي يجب كسر هذا التناظر حتى يحصل كل جسيم على كتلته التي حددت قيمتها تجارب مُسرّعات الجسيمات الأولية. المسؤول هنا عن كسر هذا التناظر هو جسيم الهيجز (انظر الملحق 3)، الذي يملك كمونا يختلف شكله حسب درجة حرارة الكون. في درجة الحرارة العالية، يكون شكل كمون الهيجز مشابها للشكل 3- يسار. وبالتالي فإن القيمة المتوقعة للهيغز معدومة $\langle H \rangle = 0$، أي تناظر محفوظ.

ولكن، عندما كان عمر الكون حوالي 10^{-10} ثانية بدأ كمون الهيجز السلمي في التغير إلى الشكل 3 -يمين، حيث أصبحت القيمة المُتوقّعة للهيغز غير معدومة في هذه الحالة $\langle H \rangle \neq 0$، والتي توافق انكسار التناظر. وبما أنّ هذه الحالة الأخيرة هي المُفضّلة طاقويا فإنّ الانتقال يحدث تلقائيا مما يتسبّب في كسر التناظر الكهروضعيف. وبالتالي تنفصل القوتان الكهرومغناطيسية والضعيفة، في حين تصبح كل جسيمات النموذج المعياري ذات كتلة ماعدا جسيم الضوء (الفوتون).

كلُّ كتل الجسيمات الأولية متناسبة مع القيم المتوقعة غير المعدومة للهيغز $\langle H \rangle \neq 0$. ولكن اختلاف قيم الكتل يعود إلى اختلاف حدّة تفاعلها مع جسيمات الهيجز. تؤكد كلّ النتائج التجريبية أن الجسيم السلمي المكتشف ما هو إلا هيغز النموذج المعياري، أو على الأقل جسيم سلمي مشابه له ينتمي إلى أحد تعميمات النموذج المعياري، أو ما نسميها فيزياء ما وراء النموذج المعياري.

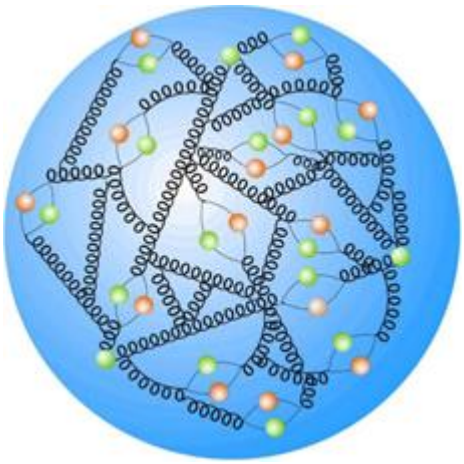
3. هل تمّ تفسير كتلة المادة المرئية: ليس بعد؟

خلال كل الشروحات السابقة، حاولنا فهم أصل كتل الجسيمات الأولية. وبما أنّ (تقريبا) كل المادة المحيطة بنا هي بروتونات ونيوترونات، أي جسيمات غير أولية تتكوّن بدورها من كواركات فإنّ ما سبق لا يفسر أصل الكتلة المنظورة في الكون التي تُمثّل الأرض والمجموعة الشمسية ودرب التبانة، وغيرها من المجرات وعناقيد المجرات.

صحيح أنه من غير الممكن تجريبيا عزل كواركات منفردة خلال تجارب فيزياء الجسيمات الأولية، ولكن ذلك لم يمنع من قياس العديد من خواصها مثل سبين الكتلة مثلا. إذن يبدو من البديهي لكلّ منّا أن كتلة كل من البروتون (أو النيوترون) هي مجرّد مجموع كتل الكواركات التي يتكوّن منها. ولكن ذلك غير صحيح، إذ أن كتل الكواركات الثلاث مجتمعة لا تمثل إلا إثنان من الألف (0.2 %) من كتلة البروتون؟ إذن ما هو مصدر 99.8 % من كتلة البروتون؟

لا يمكن تفسير هذه الملاحظة دون فهم بعض خصائص التفاعلات القوية التي تصفها نظرية الكروموديناميكا الكمومية (Quantum Chromodynamics). لشرح بعض هذه الخصائص دون الغوص في التعقيدات الرياضية للنظرية، سنقوم بمقارنتها بالتفاعلات الكهرومغناطيسية التي أغلب خصائصها معروفة للجميع. كما أشرنا سابقا، فإن الاختلاف الجوهري بين القوتين القوية والكهرومغناطيسية يعود إلى اختلاف تناظر كلّ منها،

والذي بدوره ينعكس على خصائص حاملات التفاعل، أي الفوتون الوحيد بالنسبة إلى القوة الكهرومغناطيسية والغليونات الثمانية بالنسبة إلى القوة القوية.



الشكل 4. البروتون من الداخل حيث يتكوّن من عدد غير محدد من الغليونات والكواركات، فقط ثلاثة منها هي كواركات تكافؤ.

لهذه الأخيرة خصائص فريدة بسبب تناظرها الأوسع مقارنة بالقوة الكهرومغناطيسية حيث يمكن لثلاثة أو أربعة غليونات أن تتفاعل معها خلال نفس اللحظة وفي نفس المكان. هذه الخاصية هي المسؤولة عن ربط الكواركات بداخل البروتون إذ أن حدّة الروابط بين الكواركات تزداد كلما زادت المسافة بينهما، على عكس القوة الكهرومغناطيسية أو الجاذبية.

يتسبب تفاعل الغليونات مع بعضها ومع الكواركات في خلق عدد كبير غير محدّد من الغليونات الأخرى، بالإضافة إلى عدد غير محدّد من أزواج الكواركات والكواركات المضادة تضاف إلى الكواركات الثلاثة التي يتشكل منها البروتون أساسا، والتي تسمى كواركات التكافؤ (valence quarks). إذن مصدر 99.8 % من كتلة البروتون سببه الدور الذي تقوم به الغليونات؟ ولكن ما الذي يجعلنا نثق في هذه الفكرة ونعتقد أن الشكل 4 يمثّل فعلا بنية البروتون؟

إن سبر هذه البنية ممكن فقط بإعطاء البروتونات (أو البروتونات المضادة) طاقة عالية جدا (ملايين أضعاف طاقتها في حالة سكون، كما يحدث في المصادم الهادروني العملاق LHC أو مصادم "تيفاترون" Tevatron في شيكاغو)، ثم مصادمتها رأسيا حيث تكون التصادمات الفعلية بين مكوّناتها؛ أو بعبارة أخرى عندما نُصادم بروتونين فإن التصادمات الفعلية هي بين كوارك-كوارك، كوارك-غليون، وغليون-غليون. وبطبيعة الحال، لا يمكن التنبؤ بنواتج التصادمات إذا لم تكن معرفتنا بكيفية توزيع طاقة البروتون الداخل في التصادم على مختلف مكوناته من غليونات كواركات (كلّ الكواركات وليس فقط كواركات التكافؤ الثلاثة)، معرفةً دقيقة جدا.

خلال سنوات من القياسات والحسابات، سمحت لنا معرفتنا بنظرية الكروموديناميكا الكمومية أن نُحدّد بالضبط كيفية توزيع طاقة البروتون على مكوّناته عبر جداول سُمّيت دوال التوزيعات البارتونية (parton distribution functions). إن دقّة هذه الجداول لا تمثّل فقط دليل صحة بنية البروتون الموضحة في الشكل 4، بل كذلك دليل دقّة نظرية الكروموديناميكا الكمومية.

4. أسئلة مفتوحة

لقد حقّق النموذج المعياري نجاحات باهرة من خلال تأكيد العديد من تنبؤاته من قِبل مختلف تجارب مُصادمات الجسيمات، بدءا بالمُسرّع العملاق للإلكترون-بوزترون (the Large Electron-Positron (LEP collider) بجنيف (سويسرا)، ومُصادم تيفاترون بشيكاغو، وحاليا المسرع الهادروني العملاق الذي سيستمر العمل به إلى غاية 2035، وغيرها من عديد التجارب الأقل حجما في أماكن أخرى من العالم. ولكن في المقابل، ظلّ النموذج المعياري عاجزا عن إعطاء أيّ إجابات للعديد من الأسئلة المفتوحة.

رغم أنه وُجدت منذ زمن بعيد (منذ نهاية السبعينات من القرن الماضي) إرهاصات توحي بأن النموذج المعياري ليس نظرية نهائية شاملة، بل هو في أحسن الأحوال نظرية فعلية (effective theory) جيدة في حدود طاقات السلم الكهروضعيف (أي التفاعلات التي تحدث عند مستوى الطاقات المقاربة إلى قيمة كتلة جسيم الهيجز)، وأنّ النظرية النهائية تكون ذات تناظر أكبر وتستطيع الإجابة عن كل الأسئلة التي عجز النموذج المعياري الإجابة عنها. ولكن أول إشارة تجريبية مؤكدة تثبت أن النموذج المعياري ليس نظرية كاملة جاءت سنة 1998عندما أعلنت تجربة كاميوكاندي KamiokaNDE باليابان مشاهدة ظاهرات اهتزاز النيوترينوهات، وهي ظاهرة تفسيرها غير ممكن إلا إذا كانت للنيوترينوهات كتل صغيرة جدا ولكن غير معدومة. في حين أن النموذج المعياري مبنيٌّ على أن النيوترينوهات عديمة الكتلة. لهذا اعتبرت هذه المشاهدة أول تأكيد تجريبي على ضرورة وجود ما يُسمّى فيزياء "ماوراء النموذج المعياري" (Beyond Standard Model).

وبطبيعة الحال، فكيفية الحصول على كتلة صغيرة غير معدومة النيوترينوهات ليس السؤال الوحيد الذي عجز النموذج المعياري عن الإجابة عنه، إذ هناك عديد الأسئلة مثل: تفسير الفرق الشاسع بين كتل الإلكترون والكوارك القمي (fermion mass hierarchy)، كيفية توحيد القوى العيارية الثلاث عند طاقات عالية جدا، كيفية إدراج الجاذبية بشكل مُتسّق مع بقية القوى خلال نظرية توحيدية واحدة، وغيرها من الأسئلة.

ولكن هناك أسئلة أخرى هي ليست مشاكل خاصة بفيزياء الجسيمات الأولية فحسب، بل هي مشاكل مشتركة مع الكونيات والفيزياء الفلكية (Astrophysics). نذكر منها: مشاكل المادة المظلمة التي تمثل ربع المادة-الطاقة في الكون، الطاقة المظلمة (التي تمثل سبعة أعشار) المسؤولة عن تمدُّد الكون بشكل متسارع، وتفسير اللاتناظر الحاصل بين المادة والمادة المضادة في كوننا المنظور إذ تشكل المادة العادية 4% فقط من المحتوى المادي-الطاقوي في الكون. تستحق هذه المسائل الأخيرة شرحا مفصلا في مقال منفصل.

ملاحق

في هذا الملاحق، نحاول توضيح بعض المفاهيم الأساسية لتيسير فهم الشروحات السابقة.

1. حتى يمكننا شرح مفهوم السبين يجب توضيح معنى العزم الحركي الكلاسيكي. بفرض أنه يوجد جسم ذو كتلة وسرعة محددتين v و m، يتحرك خلال مسار دائري نصف قطره R، يمثّل حاصل جداء الاندفاع مع ذراع الحركة ما يسمى العزم الحركي المداري $L=mvR$. هذا التعريف غير دقيق تماما بالنسبة إلى الجمل الكمومية، كحالة جسيمات لامتناهية الصغر أبعادها أقل من جزء من المليون سنتيمتر. ذلك أنه بالإضافة إلى العزم الحركي المداري، توجد مركبة أخرى للعزم لا تنعدم حتى لو كان الجسم ساكنا، تُسمّى العزم الحركي الذاتي أو عزم اللف الذاتي أو اختصارا السبين (spin). هذه المرّكبة ليس لها مرادف كلاسيكي وتأخذ قيما مضاعفة صحيحة أو نصف صحيحة لثابت بلانك المختزل $h/2\pi$. في الحالة الأولى تسمى الجسيمات بوزونات (نسبة إلى الفيزيائي البنغالي ستيندرا بوز Satyendra Bose)، وفي الحالة الثانية تسمى فرميونات

(نسبة إلى الفيزيائي الإيطالي فيرمي Enrico Fermi). وأهم الفوارق بين الحالتين هي أن الفرميونات على عكس البوزونات لا يمكنها أن تشغل نفس الحالة، وبالتالي لا يمكنها التكدس (condensation) حسب مبدأ الاستبعاد (exclusion principle) لباولي Wolfgang Pauli. وهذا ما يفسر أن كل المادة المرصودة في الكون تتشكّل فقط من فرميونات وليس من بوزونات.

2. يعتقد أغلبنا أن صمود شكل القانون الثاني للحركة لنيوتن ($\vec{F} = m\vec{a}$)، سواء بالنسبة إلى شخص ثابت أو بالنسبة إلى شخص يركب سيارة تسير بسرعة ثابتة ($\vec{F}' = m\vec{a}'$)، هو أمر بديهي. في الحقيقة السبب أعمق من ذلك بكثير، ألا وهو وجود تناظرات (هنا هي التناظرات الانسحابية في كل من المكان والزمان) تبرّر هذا الصمود وتؤدي إلى مبدأ انحفاظ كل من الطاقة والاندفاع. إذن، انحفاظ الطاقة والاندفاع كما هو معلوم لدينا، هو ليس صدفة بل نتيجة مباشرة لكون الجملة الفيزيائية تملك تناظرا انسحابيا. بالطريقة ذاتها نعلم أن انحفاظ العزم الحركي هو كذلك نتيجة مباشرة للتناظر الدوراني الذي تملكه الجملة الفيزيائية. يتمُّ وصف هذه التناظرات رياضيا بما يُسمّى نظرية الزمر (group theory)، وخاصة ما يسمى بزمر لي (Lie groups) نسبة إلى الرياضي النرويجي ماريوس لي Marius Lie.

3. سُمّي هذا الجسيم نسبة إلى الفيزيائي النظري الإسكتلندي بيتر هيجز Peter Higgs، الذي قام سنة 1964باقتراح وجود جسيم سلمي (لديه سبين معدوم) يُفسّر أصل الكتلة للجسيمات الأولية عبر مساهمته في الكسر التلقائي للتناظر. منذ 1964، لم يتم تأكيد وجود هذا الجسيم إلا بتاريخ 4 يوليو 2012 بمختبر المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية CERN في سويسرا. بفضل هذا الاكتشاف، حصل بيتر هيجز على جائزة نوبل في الفيزياء مناصفة مع الفيزيائي البلجيكي فرانسوا إنجلرتFrançois Englert سنة 2013.

علم الفلك عند العلماء المسلمين

مصطفى أولداش

أستاذ بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

1. مقدمة

يُعتبر علم الفلك من أقدم العلوم التي عرفتها البشرية. فقد كان الإنسان مهتمًا بالسماء والظواهر الفلكية منذ العصور القديمة. ولعلّ أوّل ما لاحظه الإنسان هي الحركة المنتظمة للشمس والقمر. وقد دفعت حاجة الإنسان إلى تحديد الوجهة الجغرافية وإلى معرفة مواسم الحرث والحصاد، نحو ترقُّب السماء والاستعانة بالظواهر الفلكية. وكانت بعض الشعوب، مثل الصابئة، تعبد النجوم، معتقدين أنها تتحكّم في حياتهم.

سمحت مراقبة السماء بالعين المجرّدة للحضارات القديمة، باستخلاص قدر كبير من المعلومات عن الأجرام السماوية. كان البابليون، على سبيل المثال، مراقبين دقيقين، لكنّهم لم يسعوا إلى استنتاج قوانين عامة من الظواهر الفلكية التي رصدوها. من ناحية أخرى، كان علم اليونانيين نظريًا أكثر منه تجريبيًا. وكان الفلاسفة اليونانيون على دراية جيّدة بالمناقشات التي يتمُّ فيها دفع المنطق إلى أقصى حدّ.

تُروى في هذا الصدد القصّة التالية: أمضى طالب عدة سنوات مع مُعلّمه لتعلُّم الجدلية (Dialectic). وفي نهاية المدّة المقرّرة للتدريس، طلب المُعلّم من تلميذه أن يدفع له أجره. فأجابه: "انتظر، لنتجادل أولاً. إذا كان بإمكاني إقناعك بأنني لست مدينًا لك بأي شيء، فمن الواضح أنني لن أدفع لك فلسا. وإذا تمكّنتَ من إقناعي بعكس ذلك، فلن أدفع لك أيضًا، لأن هذا يعني أنك لم تعلمني شيئا". فأجاب الأستاذ: حسنا، لنتجادل. لكن سيكون الجدل على الأساس التالي: إذا نجحت في إقناعك، فمن الطبيعي أن تدفع لي أجري. وأمّا إذا كانت لك الغَلَبة، فسيتعيّن عليك أن تدفع لي ضعف الأجر لأنّ هذا يعني أنني علمتك أكثر من اللازم".

الشكل 1. أبو عبد الله البتَّاني

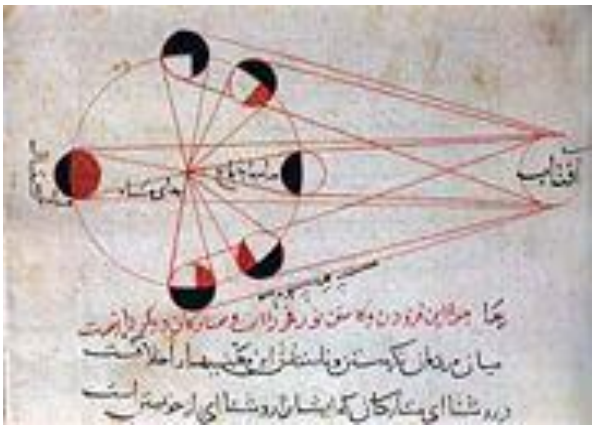
2. أسباب اهتمام العلماء المسلمين بعلم الفلك

فسّر مؤرخو العلوم إهمال اليونان للتجارب باعتبارات اجتماعية. فقد كان العمل اليدوي حقًا مستهجنًا في المجتمع اليوناني حيث كان مخصّصًا للعبيد. ومن المؤكد أنّ أرخميدس وبطليموس كانا يُمثّلان استثناءً ملحوظا في هذا الصدد، لكنهما عاشا في صقلية والإسكندرية، على التوالي، وليس في أثينا.

ولحسن الحظّ، تمّ إسقاط هذا الحاجز الفكري مع بروز الحضارة الإسلامية : نحن نعلم أنّ الإسلام أعطى للعلم مكانة مرموقة، كما شجّع العمل اليدوي. وهكذا أصبحت الملاحظة والتجريب متأصّلين في العلوم الطبيعية بما في ذلك الطبّ، إذ كان كثير من الأطباء يقومون بالتشريح. أما اهتمام علماء المسلمين بعلم الفلك فيعود إلى عدة أسباب.

بادئ ذي بدء، كانت دراسة النجوم من العلوم النبيلة التي من شأنها تقوية وتعزيز الإيمان. ذلك أنّ العديد من الآيات القرآنية تلفت انتباه القارئ إلى جمال السماء وعظمة الخالق، وتدعو إلى التأمُّل في الخلق: "هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَّرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۚ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَٰلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ" (سورة يونس، الآية 5).

بالإضافة إلى هذا الجانب، كانت للعلماء المسلمين أسباب عملية ومنافع مختلفة من دراسة علم الفلك مثل: الحاجة إلى معرفة اتجاه مكّة (من أجل الصلاة)، وتحديد أوقات الصلوات الخمس اليومية، والتوجّه الجغرافي، وما إلى ذلك. وهكذا شَهد علم الفلك، مثله مثل العلوم الأخرى، ازدهارًا كبيرًا في الحضارة الإسلامية في مختلف عهودها.



الشكل 2. رسم توضيحي لشرح خسوف القمر من إنجاز أبو الريحان البيروني

3. بعض إسهامات العلماء المسلمين في علم الفلك

من أجل تطوير علم الفلك والتكثيف من الأرصاد الفلكية، تمّ تشييد مراصد في مختلف أنحاء أرض الإسلام: في بغداد ودمشق والقاهرة ونيشابور ومراغة وقرطبة وسمرقند، إلخ. وبدأت ترجمة أعمال الحضارات اليونانية والفارسية والهندية والبابلية في عهد هارون الرشيد إبان العصر العباسي. وقد أسّس الخليفة المأمون أكاديمية للعلوم في بغداد، سُمّيت بيت الحكمة. وجُهزت هذه المؤسّسة العلمية بمرصد، وبعدد كبير من وسائل الرصد وبمكتبة ضخمة. وجلب المرصد كبار علماء الفلك في ذلك الوقت، منهم يحيى بن أبي منصور والعباس الجوهري وسند بن علي فأُنجزت أعمال بحث كثيرة ومرموقة في علم الفلك.

وبعد ملاحظات لا حصر لها، تمّ تغيير الجداول الفلكية لبطليموس Ptolemy بشكل عميق، وحلّت محلّها الجداول المأمونية، نسبة إلى الخليفة المأمون. وعاش في ذلك الوقت عالم الفلك موسى بن شاكر وأبناؤه الثلاثة: أحمد (عالم في الميكانيكا) ومحمد (عالم في الفلك) وحسن (عالم في الرياضيات). فقد قام أحمد ومحمد ببناء جهاز على شكل كرة، يشتغل بقوة الماء، حيث تم تمثيل الأبراج ودولاب الأبراج (وهو رسم تخطيطي دائري يمثل الأبراج). فبمجرّد أن

يرتفع نجم في السماء، تظهر صورته فوق خط يُمثّل الأفق. وعندما يزول النجم، تختفي صورته تحت ذلك الخط. وفي وقت لاحق، تمّ إنجاز المزيد من مثل هذه الكرة الفلكية حيث خضت لعدة تعديلات وتحسينات.

كان الأسطرلاب والمزْوَلة أكثر الأدوات استخدامًا لدى الفلكيين المسلمين. وكان الأسطرلاب باهظ الثمن لأنّه كان يحدّد الوقت وكان يستخدم للتوجيه. كما أنه يمكّن من إجراء القياسات والحسابات الفلكية. كانت النسخ من الأسطرلاب المخصّصة للتصدير مزيّنة بأحرف لاتينية. والجدير بالملاحظة أنّ أوروبا لم تستطع تصنيع الأسطرلاب الخاص بها إلا في القرن الرابع عشر.

ما من شكّ أنّ الفلكيين اليونانيين استعملوا المزولة قبل المسلمين، ولكن نموذجهم كان بسيطا جدّا بل بدائيا. أمّا علماء الفلك المسلمون فقد ضاعفوا النماذج من المزاول: مزولة حائطية، مزولة سمت، مزولة محمولة، إلخ. كانت الساعة التي قدّمها هارون رشيد لملك فرنسا شارلمان تحفة حقيقية. ففي كلّ ساعة، يظهر فارس من باب صغير ويُغلق خلفه مباشرة؛ وفي نهاية دورة كاملة تسقط اثنتا عشرة كرة صغيرة تصدر صوتًا موسيقيًا عذبا.

الشكل 3. أسطرلاب فارسي

4. النظام الفلكي المعتمد أثناء الحضارة الإسلامية

في سوريا، أجرى البتَّاني (850-929) العديد من التصحيحات والتعديلات على كتاب المجسطي لبطليموس. واستخدم البتَّاني علم المثلثات الكُروية في الحسابات الفلكية، وأعطى قياسًا بالغ الدقة للسنة الشمسية. كما درس الاختلافات في ذروة الشمس، وحسب بدّقة جيّدة ميل مسار الشمس ودورة الاعتدال. ثمّ إنه كتب رسالة في الأدوات الفلكية حيث أعطى وصفا دقيقا لها وشرح كيفية استخدامها. وقد تُرجمت أعمال البتَّاني (وهو معروف في أوروبا باسم Albategnius) إلى اللاتينية وكانت يعتبَر مرجعا مهمّا جدّا حتى عصر النهضة.

وقام عالمُ الفلك ابن يونس بأوّل ملاحظة دقيقة لكسوف الشمس وخسوف القمر في القاهرة، ودرس اقتران الكواكب، وأظهر التباين في حركة القمر. ومن جهة أخرى، اخترع ابن يونس النوَّاس قبل جاليليو بقرون، واستخدمه في قياس الوقت خلال ملاحظاته الفلكية.

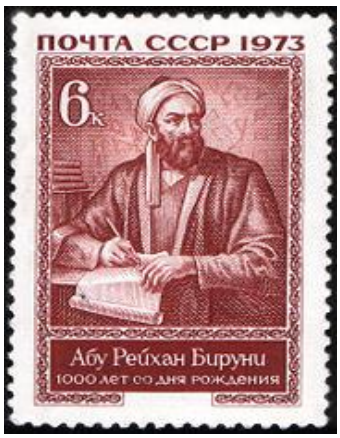
في عام 973م، وُلد في خوارزم (تركستان) أبو الريحان البيروني. كان البيروني يمثّل موسوعة حيّة، حيث أدّى به فضوله إلى احتضان تقريبا جميع فروع المعرفة في ذلك الوقت: الرياضيات والطب والأدب والتاريخ وعلم الفلك والفلسفة والجغرافيا والفيزياء. فكان يتقن عدّة لغات من بينها العربية والفارسية واليونانية والسنسكريتية (وهي من أهمّ اللغات الهندية). وأما في الجغرافيا، فأجرى البيروني قياسات دقيقة للغاية لخطوط الطول وخطوط العرض.

ونَسَب البيروني للكواكب مسارات بيضاوية، وبيّن أنّ الأرض تدور حول محورها. وألّف ما لا يقل عن 120 كتابًا ومقالة في مختلف العلوم والأدب.

و اللافت أنّ البيروني طبّق الحكمة "اطلبوا العلم من المهد إلى اللّحد" حرفياً، كما تدلّ على ذلك الرواية التالية : بينما كان البيروني مريضًا، وفي حالة خطيرة، جاء لزيارته صديق، وهو من العلماء. فاغتنم البيروني الفرصة لسؤاله في موضوع علمي. وعندما عَبَّر الصديق عن دهشته من ذلك، قال له البيروني: "أُفضّل أن أترك هذا العالَم وأنا أعرف الإجابة عن سؤالي بدلاً من تجاهله". وما إن رحل هذا الصديق حتى لفظ البيروني أنفاسه الأخيرة خاتما بذلك حياةً ثقافية وعلمية جدّ مزدهرة.

وكان اليونانيون يعتبرون أنّ الكواكب الخمسة المعروفة آنذاك، فضلا عن الشمس والقمر، تدور كلها حول الأرض، في حين أنّ كوكبنا ثابت في مكانه، وهو يحتلّ مركز الكون ! هذه الفكرة هي التي بُنيت على أساسها نظريات فيثاغورس وأرسطو وبطليموس، والعديد من الفلاسفة الآخرين. وكان نظام بطليموس، من بين كلّ هذه الأنظمة، الأكثر تعقيدًا ودقّة. لقد استطاع هذا النظام أن يُحددّ حركة الكواكب بشكل جيّد نسبيا. ولذا ظلّ ساري المفعول لمدة قرون طويلة حتى استبدل بنظام كوبرنيكس الذي يعتمد على مركزية الشمس.

اعتمد العلماء العرب والمسلمون بوجه عام على نظام بطليموس. لكن في وقت مُبكّر من القرن العاشر، انتقد البتّاني والبيروني هذا النظام. ومع ذلك، وُجّهت أكبر الانتقادات في الأندلس، ومراغة (في بلاد فارس) من قِبل الفلكي نصير الدين الطوسي وتلميذه ابن الشاطر وفلكيين آخرين.



الشكل 4. طابع بريدي أصدره الاتحاد السوفياتي سابقا بمناسبة مرور ألف سنة على مولد أبي الريحان البيروني.

5. انتقال القطب الثقافي والعلمي من منطقة إلى أخرى

يُعدّ المركز الثقافي والعلمي الأكثر إشراقًا في جميع العصور الوسطى في إسبانيا إذ عرفت العديد من المدن الإسبانية إشعاعا علميا خارقا لدرجة جعل ملوك أوروبا المسيحية تحمرُّ وجوههم من الغيرة. كان الأمراء والخلفاء الأندلسيون يحبّون إحاطة أنفسهم بمثقفين وعلماء ساهموا بصفة واضحة في تعزيز هيبة واحترام بلاطهم. على سبيل المثال، اشترى الخليفة الحكم المستنصر بالله، وهو نفسه عالِم جليل، كميات هائلة من الكتب والمخطوطات بثمن باهظ ووضعها تحت تصرّف العلماء. وفي هذه البيئة الثقافية الخصبة ظهر علماء مرموقون، مثل ابن حزم والزهراوي وموسى ابن ميمون والزرقالي وابن رشد والإدريسي، إلخ.

لقد أنشأ عالم الفلك أحمد بن الصفار جداول فلكية جديدة في الأندلس، وكتب عددا من الرسائل الفلكية التي تُرجمت إلى اللاتينية والعبرية والإسبانية. أمّا الزرقالي، فاخترع وصنع العديد من الأدوات الفلكية وقام بأرصاد فلكية بالغة الدقة للنجوم، وكتب العديد من الأعمال ذات القيمة العلمية العظيمة. وانتقد الزرقالي –وحذا حذوه فلكيون آخرون، منهم جابر بن الأفلاح وابن باجة والبتروجي- نظام بطليموس، واقترحوا أنظمة كونية جديدة.

وبعيدا عن الأندلس، بنى الحاكم المغولي هولاكو مرصدًا في مراغة في عام 657 هـ/1259م، وعهد بإدارته إلى نصير الدين الطوسي. خصصّ هذا الفلكي البارز -الذي كان في الوقت ذاته وزير مالية هولاكو- مبالغ مالية كبيرة لاستكمال المخطوطات وتجهيز المرصد. ولم تمنع الطوسي مسؤولياته السياسية والإدارية من ممارسة نشاطه العلمي. فقد ضاعف الطوسي الأرصاد الفلكية، وانتقد نظام بطليموس، واقترح نظرية جديدة لحركة الكواكب على أساس جملة من كرتين تتدحرج إحداهما داخل الأخرى. وتمّ تطوير أفكار الطوسي من قبل طلابه قطب الدين الشيرازي وابن الشاطر ومحيي الدين المغربي الذين مهَّدُوا الطريق لكوبرنيكس.

كان للمدرسة التي أسّسها الطوسي تأثير كبير على سمرقند. وهكذا،جعل الأمير التتاري أولوغ بيك (وهو كذلك عالم فلك) من سمرقند مدينة علمية، وألحق بها مدرسة عليا ومرصدا فلكيا. وجهّز أولوغ بك المرصد بجميع الأدوات المعروفة في ذلك الوقت وزيَّنه بلوحة جدارية تمثّل الأبراج. وقد نالت هذه التحفة الفنية إعجاب حشود الزوار المتوافدين من مختلف أنحاء العالم.

الشكل 5. مرصد فلكي في سمرقند (آسيا الوسطى)

6. الخلاصة

من الواضح بعد هذا العرض الموجز أنّ العلماء المسلمين لم يترجموا العلوم اليونانية فحسب لنقلها إلى الغرب، بل قاموا في علم الفلك بأرصاد كثيفة ودقيقة جدّا. ومن المعلوم أنّ اليونانيين كانوا يكتفون بربط النجوم بأشكال خيالية، وأعطوا لها أسماء شخصيات أسطورية. أمّا العلماء المسلمون، فكانوا يطلقون اسمًا على كلّ نجم حتى لو كان معزولا. لذا، نلاحظ أنّه حتى اليوم أن جزءا كبيرا من أسماء النجوم، فضلا عن العديد من المصطلحات الفلكية، هي من أصول عربية مثل: Altaïr, Zénith, Betelgeuse, Rigal. فاللغة العربية كانت طوال العصور الوسطى اللغة العلمية والثقافية في العالم.

لقد طوّر العلماء المسلمون الآلات المعروفة آنذاك واخترعوا العديد من الأدوات الأخرى. وكانت المراصد التي شيّدوها في كلّ مكان مزوّدة بمختلف الأجهزة المستعملة في الرصد الفلكي. كما أن الحساب الفلكي هو أيضا من أهمّ

إسهامات الحضارة الإسلامية. والواقع، أن العلماء المسلمين طوّروا فرعًا جديدًا من الرياضيات مناسبًا بشكل خاص لهذا النوع من الحسابات الفلكية، وهو علم المثلثات.

أخيرًا، نشير إلى أن نظام بطليموس ظل ساري المفعول حتى القرن السادس عشر، مع أن علماء الفلك خلال الحقبة الإسلامية لم يتردّدوا في انتقاده وصياغة فرضيات ونظريات بديلة جديدة وجريئة للغاية.

رياضيات ومعلوماتية

الأعداد القابلة للإنشاء (2)

حمزة خليف
أستاذ الرياضيات (متقاعد)
hkhelif@gmail.com

رأينا في الجزء الأول من هذا المقال (العدد 2 من بشائر العلوم) مفهوم الأعداد القابلة للإنشاء، ورأينا أن مجموعة هذه الأعداد التي أشرنا إليها بـ $\mathscr{C}$ حقل جزئي من حقل الأعداد الحقيقية $\mathbf{R}$ ، مستقر بالنسبة إلى الجذر التربيعي. كما قمنا بتبيان العلاقتين $\mathbf{Q}\subset\mathscr{C}$ و $\mathscr{C}\subset\mathbf{R}$ اللتين كتبناهما، تجاوزا، $\mathbf{Q}\subset\mathscr{C}\subset\mathbf{R}$.

وفي هذا الجزء (الثاني والأخير) نتطرق إلى تمييز هذه الأعداد، كما أننا سنورد إجابات ولو مختصرة عن تساؤلات اليونانيين القدامى المتعلقة بـ: تربيع الدائرة، وتضعيف المكعب، وتثليث الزاوية، وقابلية إنشاء المضلعات المنتظمة.

1. تمييز الأعداد القابلة للإنشاء

1.1. تذكير حول تمديدات الحقول

كل الحقول المتناولة هنا تبديلية.

1) ليكن K ، L حقلين. إذا كان K حقلا جزئيا من L نقول إن L تمديد لـ K. نشير إلى ذلك بـ $K\subset L$.

إذا كان α عنصرا من L نرمز بـ $K(\alpha)$ إلى الحقل الجزئي الأصغر من L والذي يحوي K و $\{\alpha\}$.

نلاحظ أن وجود هذا الحقل يؤكده كونه يساوي تقاطع كل الحقول الجزئية التي تحوي K و $\{\alpha\}$.

وبصورة عامة، إذا كانت α_1 ، α_2 ، ... ، α_n عناصر من L ، نرمز بـ $K(\alpha_1,...,\alpha_n)$ إلى الحقل الجزئي الأصغر من L والذي يحوي K و $\{\alpha_1,...,\alpha_n\}$.

لدينا على سبيل المثال :

$$\mathbf{Q}(1)=\mathbf{Q}\left(-\frac{3}{5}\right)=\mathbf{Q}\ ,\mathbf{Q}\left(\sqrt{2}\right)=\left\{\alpha+\beta\sqrt{2},(\alpha,\beta)\in\mathbf{Q}^2\right\}$$

$$,\mathbf{Q}\left(\sqrt{2},\sqrt{3}\right)=\left\{\alpha+\beta\sqrt{2}+\gamma\sqrt{3}+\delta\sqrt{6},(\alpha,\beta,\gamma,\delta)\in\mathbf{Q}^4\right\}$$

$$,\mathbf{Q}(i)=\left\{\alpha+\beta i\,,(\alpha,\beta)\in\mathbf{Q}^2\right\}.\ \mathbf{R}(i)=\left\{\alpha+\beta i\,,(\alpha,\beta)\in\mathbf{R}^2\right\}=\mathbf{C}$$

2) إذا كان L تمديدا لـ K فإنه يمكن اعتبار L فضاء شعاعيا على K بالنسبة إلى الجمع في L واقتصار الضرب في L على $K\times L$.

بُعد L على K يسمى درجة التمديد $K\subset L$ والتي يشار إليها بـ $[L:K]$.

لدينا، على سبيل المثال، $\left\{1,\sqrt{2}\right\}$ أساس على $\mathbf{Q}$ لـ $\mathbf{Q}\left(\sqrt{2}\right)$ و $\left[\mathbf{Q}\left(\sqrt{2}\right):\mathbf{Q}\right]=2$.

أما $\left\{1,\sqrt{3}\right\}$ فهو أساس على $\mathbf{Q}\left(\sqrt{2}\right)$ لـ $\mathbf{Q}\left(\sqrt{2},\sqrt{3}\right)$. ومنه يأتي $\left[\mathbf{Q}\left(\sqrt{2},\sqrt{3}\right):\mathbf{Q}\left(\sqrt{2}\right)\right]=2$.

إذا كانت K ، L ، M ثلاثة حقول بحيث $K\subset L$ و $L\subset M$ فإن

$$[M:K]=[M:L].[L:K].$$

مثال آخر :

$$\left[\mathbf{Q}\left(\sqrt{2},\sqrt{3}\right):\mathbf{Q}\right]=\left[\mathbf{Q}\left(\sqrt{2},\sqrt{3}\right):\mathbf{Q}\left(\sqrt{2}\right)\right].\left[\mathbf{Q}\left(\sqrt{2}\right):\mathbf{Q}\right]=2.2=4.$$

3) ليكن $K\subset L$ وليكن α عنصرا من L. نقول إن α جبري على K إذا وُجد كثير حدود $P(X)$، $P(X)\in K[X]$، بحيث يكون $P(\alpha)=0$. إذا لم يكن α جبريا على K نقول إنه متسام على K.

على سبيل المثال، العدد $\sqrt{2}$ جبري على $\mathbf{Q}$ لأنه صفر لكثير الحدود X^2-2. والعدد i جبري على $\mathbf{Q}$ وعلى $\mathbf{R}$ لأنه صفر لكثير الحدود X^2+1.

عدد نيبير e متسام على $\mathbf{Q}$ (هيرميت 1873). وكذلك الحال بالنسبة إلى عدد أرخميدس π (ليندمان 1882).

4) ليكن $K\subset L$ وليكن α عنصرا من L جبريا على K. يوجد كثير حدود وحيد $P(X)$ من $K[X]$ بحيث يكون :

- $P(\alpha)=0$ ؛
- $P(X)$ غير قابل للاختزال على $K[X]$ ؛
- $P(X)$ واحدي، أي أن معامل حده ذي الدرجة الأعلى يساوي عنصر الوَحدة 1 في K.

كثير الحدود هذا يسمى كثير الحدود الأصغر لـ α على K، وهو يقسم كل كثير حدود من $K[X]$ لكون α صفرا له.

إذا كانت درجة $P(X)$ تساوي n نقول إن α جبري درجته n على K. لدينا حينئذ $[K(\alpha):K]=n$.

5) ليكن $K\subset L$. مجموعة عناصر L الجبرية على K حقل جزئي من L يحوي K.

نرمز بـ $\mathscr{A}$ إلى حقل الأعداد الحقيقية الجبرية على $\mathbf{Q}$.

في سنة 1873 بيّن ريشارد ديديكيند أن الحقل $\mathscr{A}$ قابل للعد. نلاحظ أن $\mathscr{C}\subset\mathscr{A}$ يستلزم أن $\mathscr{C}$ قابل للعد.

2.1. نتيجة فانتزل

نرمز بـ $M(x,y)$ إلى النقطة التي إحداثياها في المعلم $(O;I,J)$ هما x و y.

1.2.1. توطئة

ا) إذا كان المستقيم D من المستوي الإقليدي $\mathscr{P}$ يشمل النقطتين $A(a_1,a_2)$ و $B(b_1,b_2)$ فإن لهذا المستقيم معادلة من الشكل

$$\alpha x+\beta y+\gamma=0$$

حيث α ، β ، γ تنتمي إلى $\mathbf{Q}(a_1,a_2,b_1,b_2)$.

ب) لتكن $A(a_1,a_2)$ ، $B(b_1,b_2)$ ، $C(c_1,c_2)$ ثلاث نقط من $\mathscr{P}$، للدائرة التي مركزها A ونصف قطرها BC معادلة من الشكل

$$x^2+y^2-2\alpha x-2\beta y+\gamma=0$$

حيث α ، β ، γ تنتمي إلى $\mathbf{Q}(a_1,a_2,b_1,b_2,c_1,c_2)$.

الإثبات

ا) إذا كان $a_1 = b_1$ فالمستقيم D ممثل بالمعادلة $x - a_1 = 0$.

إذا كان $a_1 \neq b_1$ فالمستقيم D ممثل بالمعادلة

$$y - a_2 = \frac{b_2 - a_2}{b_1 - a_1}(x - a_1)$$

والتي تأخذ الشكل $\alpha x + \beta y + \gamma = 0$ حيث α ، β ، γ تنتمي إلى $\mathbf{Q}(a_1, a_2, b_1, b_2)$.

ب) الدائرة التي مركزها A ونصف قطرها BC تمثلها المعادلة

$$(x - a_1)^2 + (y - a_2)^2 = (c_1 - b_1)^2 + (c_2 - b_2)^2$$

والتي يمكن كتابتها على الشكل

$$x^2 + y^2 - 2\alpha x - 2\beta y + \gamma = 0$$

حيث α ، β ، γ تنتمي إلى $\mathbf{Q}(a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2)$.

2.2.1. مبرهنة

يكون العدد الحقيقي r قابلا للإنشاء إذا وفقط إذا وُجد عدد صحيح $p \geq 1$ ومتتالية من الحقول الجزئية L_1 ، L_2 ، ... ، L_p من $\mathbf{R}$ بحيث

1) $L_1 = \mathbf{Q}$ ؛

2) من أجل $p - 1 \geq j \geq 1$ ، $L_j \subset L_{j+1}$ و $\left[L_{j+1} : L_j\right] = 2$ ؛

3) $r \in L_p$.

الإثبات

▸ إذا كان r قابلا للإنشاء فإنه فاصلة لنقطة M من محور الفواصل.

لتكن $O = M_1$ ، $I = M_2$ ، ... ، $M = M_n$ النقط المتتالية المستعملة للحصول على النقطة M.

من أجل $n \geq j \geq 1$ ، نرمز بـ x_j و y_j لإحداثي النقطة M_j. لدينا إذن

$(x_1, y_1) = (0,0)$ ، $(x_2, y_2) = (1,0)$ ، $x_n = r$.

نضع

$$\begin{aligned} K_1 &= \mathbf{Q}(x_1, y_1) \\ K_2 &= \mathbf{Q}(x_1, y_1, x_2, y_2) \\ &\vdots \\ K_j &= \mathbf{Q}(x_1, y_1, \ldots, x_j, y_j) \\ &\vdots \\ K_n &= \mathbf{Q}(x_1, y_1, \ldots, x_n, y_n). \end{aligned}$$

لدينا

$K_1 \subset K_2 \subset \ldots \subset K_n$ ، $K_1 = K_2 = \mathbf{Q}$ ، $x_n \in K_n$ و $r = x_n$.

نؤكد أنه من أجل $n - 1 \geq j \geq 1$ ، يكون $K_j = K_{j+1}$ أو $\left[K_{j+1} : K_j\right] = 2$.

لنستدل على ذلك بالاستقراء.

الادعاء صحيح من أجل $j = 1$ لأن $K_1 = K_2 = \mathbf{Q}$.

نفرض أن $j \geq 2$. تُطرح ثلاث حالات بالنسبة إلى النقطة M_{j+1} ، تبعا لكونها نقطة تلاقي مستقيمين، مستقيم ودائرة، أو دائرتين، والمعرّفة في كل الحالات انطلاقا من النقط M_1 ، ... ، M_j.

نعلم من التوطئة السابقة، أن لهذه المستقيمات والدوائر معادلات معاملاتها في $K_j = \mathbf{Q}(x_1, y_1, ..., x_j, y_j)$.

1) إذا كانت M_{j+1} نقطة تلاقي مستقيمين فإن (x_{j+1}, y_{j+1}) حل لجملة من الشكل

$$\begin{cases} \alpha x + \beta y + \gamma = 0 \\ \alpha' x + \beta' y + \gamma' = 0 \end{cases}$$

حيث α ، β ، γ ، α' ، β' ، γ' عناصر من K_j. عند حلّ هذه الجملة نلاحظ أن x_{j+1} و y_{j+1} ينتميان هما أيضا إلى K_j. ومنه

$$K_{j+1} = K_j(x_{j+1}, y_{j+1}) = K_j.$$

2) إذا كانت M_{j+1} نقطة تلاقي مستقيم ودائرة فإن (x_{j+1}, y_{j+1}) حل لجملة من الشكل

$$\begin{cases} \alpha x + \beta y + \gamma = 0 \\ x^2 + y^2 - 2\alpha' x - 2\beta' y + \gamma' = 0 \end{cases}$$

حيث α ، β ، γ ، α' ، β' ، γ' عناصر من K_j.

* إذا كان $\beta \neq 0$ فإن $y = -\frac{1}{\beta}(\alpha x + \gamma)$. وباستبدال $-\frac{1}{\beta}(\alpha x + \gamma)$ بـ y في المعادلة الثانية للجملة نحصل على معادلة من الدرجة الثانية معاملاتها في K_j و x_{j+1} أحد حليها.

▸ إذا كان $x_{j+1} \in K_j$ فإن $y_{j+1} \in K_j$ و $K_j = K_{j+1}$.

▸ إذا كان $x_{j+1} \notin K_j$ فإن x_{j+1} جبري على K_j، درجته 2 ولدينا:

$K_{j+1} = K_j(x_{j+1}, y_{j+1}) = K_j(x_{j+1})$ و $[K_{j+1} : K_j] = 2$.

* إذا كان $\beta = 0$ فإن $\alpha \neq 0$ ؛ نتصرف بنفس الطريقة مع "معادلة التراتيب" الناتجة.

3) إذا كانت M_{j+1} نقطة تلاقي دائرتين فإن (x_{j+1}, y_{j+1}) حل لجملة من الشكل

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 2\alpha x - 2\beta y + \gamma = 0 \\ x^2 + y^2 - 2\alpha' x - 2\beta' y + \gamma' = 0 \end{cases}$$

حيث α ، β ، γ ، α' ، β' ، γ' عناصر من K_j. هذه الجملة مكافئة للجملة

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 2\alpha x - 2\beta y + \gamma = 0 \\ 2(\alpha - \alpha')x + 2(\beta - \beta')y - (\gamma - \gamma') = 0. \end{cases}$$

وهكذا نتحول إلى الحالة السابقة.

استطعنا إذن إنشاء متتالية من الحقول الجزئية من $\mathbf{R}$:

$$K_1 \subset K_2 \subset ... \subset K_n$$

بحيث $K_1 = \mathbf{Q}$ ، $r \in K_n$ ، ومن أجل $n - 1 \geq j \geq 1$ ، $K_j = K_{j+1}$ أو $[K_{j+1} : K_j] = 2$.

يمكن تحويل هذه المتتالية إلى متتالية متزايدة تماما بحذف الحقول "الزائدة" للحصول على متتالية

$$L_1 \subset L_2 \subset ... \subset L_p$$

حيث $L_1 = \mathbf{Q}$ ، $r \in L_p$ ، ومن أجل $p - 1 \geq j \geq 1$ ، $[L_{j+1} : L_j] = 2$.

▸ في المقابل نفرض وجود متتالية من الحقول الجزئية من $\mathbf{R}$

$$L_1 \subset L_2 \subset ... \subset L_p$$

تحقق شروط المبرهنة. نثبت بالاستقراء على j، $1 \geq j \geq p$، أن $L_j \subset \mathscr{C}$. ومنه يأتي أن r عدد قابل للإنشاء.

- لدينا $L_1 \subset \mathscr{C}$ لأن $L_1 = \mathbf{Q}$ و $\mathbf{Q} \subset \mathscr{C}$.

- نفرض $L_j \subset \mathscr{C}$. ولنثبت أن $L_{j+1} \subset \mathscr{C}$. ليكن α عنصرا من L_{j+1}، لنثبت أن α ينتمي إلى $\mathscr{C}$.

العناصر 1، α، α^2 مرتبطة خطيا على L_j لأن $\left[L_{j+1} : L_j\right] = 2$. يوجد إذن a، b، c من L_j، ليست جميعا منعدمة، بحيث $a\alpha^2 + b\alpha + c = 0$.

إذا كان $a = 0$ فإن $\alpha = -\dfrac{c}{b}$ أي $\alpha \in L_j$. ومنه $\alpha \in \mathscr{C}$.

إذا كان $a \neq 0$ فإن $\alpha = \dfrac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$. ومنه $\alpha \in \mathscr{C}$ لأن الحقل $\mathscr{C}$ مستقر بالنسبة إلى الجذر التربيعي.

مبرهنة بانتزل الموالية هي نتيجة للمبرهنة السابقة.

3.2.1. مبرهنة بانتزل

كل عدد حقيقي قابل للإنشاء جبري على $\mathbf{Q}$ ودرجته قوة للعدد 2.

الإثبات

ليكن r عددا حقيقيا قابلا للإنشاء. تبعا للمبرهنة السابقة توجد متتالية من الحقول الجزئية من $\mathbf{R}$

$$L_1 \subset L_2 \subset ... \subset L_p$$

بحيث $L_1 = \mathbf{Q}$، $r \in L_p$، ومن أجل $p - 1 \geq j \geq 1$، $\left[L_{j+1} : L_j\right] = 2$.

وبناء على خاصة متعلقة بدرجات تمديدات الحقول أشيرَ إليها سابقا، لدينا

$$\left[L_p : \mathbf{Q}\right] = \left[L_p : L_{p-1}\right] \times \left[L_{p-1} : L_{p-2}\right] \times ... \times \left[L_2 : \mathbf{Q}\right] = 2^{p-1}.$$

لدينا أيضا $\mathbf{Q} \subset \mathbf{Q}(r) \subset L_p$، ومنه

$$2^{p-1} = \left[L_p : \mathbf{Q}\right] = \left[L_p : \mathbf{Q}(r)\right] \times \left[\mathbf{Q}(r) : \mathbf{Q}\right].$$

نستخلص من ذلك أن $\left[\mathbf{Q}(r) : \mathbf{Q}\right]$ قاسم لـ 2^{p-1} وهو من أجل ذلك قوة للعدد 2 وليكن 2^q.

لتكن العناصر 1، r، r^2، ...، r^{2^q}. هذه العناصر مرتبطة خطيا في الفضاء الشعاعي $\mathbf{Q}(r)$. يوجد إذن $2^q + 1$ عنصرا λ_0، λ_1، ...، λ_{2^q} من $\mathbf{Q}$ بحيث

$$\lambda_0 + \lambda_1 r + ... + \lambda_{2^q} r^{2^q} = 0.$$

وهذا دليل على أن r جبري على $\mathbf{Q}$ درجته $\left[\mathbf{Q}(r) : \mathbf{Q}\right] = 2^q$.

4.2.1. ملحوظة

مبرهنة بانتزل تعطي شرطا لازما وليس كافيا لقابلية الإنشاء.

على سبيل المثال فإن $P(X) = X^4 - X - 1$ غير قابل للاختزال على $\mathbf{Q}[X]$ ويقبل جذرا حقيقيا α غير قابل للإنشاء (يان ستوارت)، بيد أن α جبري درجته $4 = 2^2$ على $\mathbf{Q}$ (المرجع 2، الصفحة 39).

2. تمييز الحقل C

الحقل $\mathscr{C}$ هو أصغر حقل جزئي لـ $\mathbf{R}$ مستقر بالجذر التربيعي.

لقد سبق أن رأينا أن حقل الأعداد القابلة للإنشاء $\mathscr{C}$ مستقر بالنسبة إلى الجذر التربيعي. نبين الآن أنه إذا كان K حقلا جزئيا من $\mathbf{R}$ مستقرا بالنسبة إلى الجذر التربيعي فإن $\mathscr{C} \subset K$.

ليكن r عنصرا من $\mathscr{C}$. نعلم من مبرهنة سابقة أنه توجد متتالية من الحقول الجزئية من $\mathbf{R}$

$$L_1 \subset L_2 \subset ... \subset L_p$$

بحيث $L_1 = \mathbf{Q}$ ، $r \in L_p$ ، ومن أجل $p-1 \geq j \geq 1$ ، $\left[L_{j+1} : L_j\right] = 2$.

لإثبات أن $r \in K$ يكفي الاستدلال بالاستقراء على j أنه من أجل $p \geq j \geq 1$ ، $L_j \subset K$.

الإثبات مماثل للذي ورد بشأن المبرهنة المشار إليها أعلاه حيث يستبدل K بـ $\mathscr{C}$.

تُستخلَص من ذلك النتيجة الآتية:

يتم الحصول على كل الأعداد القابلة للإنشاء انطلاقا من عناصر من $\mathbf{Q}$ وباستعمال العمليات

$+$، $-$، $\times$ ، $:$ و $\sqrt{\ }$.

بل يكفي الانطلاق من العددين 0 و 1.

1.2. ملحوظة

الاحتواءات

$$\mathbf{Q} \subset \mathscr{C} \ ، \ \mathscr{C} \subset \mathscr{A} \ ، \ \mathscr{A} \subset \mathbf{R}$$

فعلية أو تامة. لدينا على سبيل المثال،

$$\sqrt{2} \in \mathscr{C} \text{ و } \sqrt{2} \notin \mathbf{Q} \ ; \ \sqrt[3]{2} \in \mathscr{A} \text{ و } \sqrt[3]{2} \notin \mathscr{C} \ ، \ \pi \in \mathbf{R} \text{ و } \pi \notin \mathscr{A}.$$

3. الإجابة عن تساؤلات اليونانيين الثلاثة

1.3. تربيع الدائرة

المطلوب في هذه المسألة هو إنشاء مربع مساحته تساوي مساحة قرص معين.

يمكن افتراض أن نصف قطر القرص يساوي 1، أي أن مساحته تساوي π. المطلوب هو إذن إنشاء نقطة A من محور الفواصل، باستعمال المسطرة والبيكار بحيث يكون $OA = \sqrt{\pi}$. يعني ذلك أن النقطة A قابلة للإنشاء ثم أن $\sqrt{\pi}$ قابل للإنشاء، ثم أخيرا أن π قابل للإنشاء، وهذا يناقض نتيجة ليندمان.

2.3. تضعيف المكعب

هل يمكن باستعمال المسطرة والبيكار إنشاء مكعب حجمه ضعف مكعب معين؟

نفترض أن ضلع المكعب يساوي OI. المطلوب هو إذن إنشاء مكعب حجمه 2 أي طول ضلعه يساوي $\sqrt[3]{2}$ ، وهذا غير ممكن بالمسطرة والبيكار كون $\sqrt[3]{2}$ غير قابل للإنشاء.

3.3. تثليث الزاوية

مسألة تثليث الزاوية تعني إنشاء النقطة التي إحداثياها $\left(\cos(\alpha/3), \sin(\alpha/3)\right)$ ، انطلاقا من نقطة دائرة الوَحدة التي إحداثياها $\left(\cos\alpha, \sin\alpha\right)$. نظرا إلى أن

$$\cos 3x = 4\cos^3 x - 3\cos x$$

فإن $2\cos(\alpha/3)$ صفر لكثير الحدود

$$X^3-3X-2\cos\alpha.$$

وهكذا تكون درجة $\cos(\alpha/3)$ على الحقل $\mathbf{Q}(\cos\alpha)$ أصغر من 3 أو تساويه. في هذه الحالة، تتعلق قابلية الإنشاء بالدرجتين 1 و 2. ومنه المبرهنة الآتية.

1.3.3. مبرهنة (تثليث الزاوية)

ليكن α عددا حقيقيا. يكون العدد $\cos(\alpha/3)$ قابلا للإنشاء بالمسطرة والبيكار، انطلاقا من المجموعة $\{0,1,\cos\alpha\}$، إذا وفقط إذا كان كثير الحدود $X^3-3X-2\cos\alpha$ قابلا للاختزال على $\mathbf{Q}(\cos\alpha)$.

بتعبير آخر، لتكن النقطة M من دائرة الوحدة بحيث

$$\left(\overrightarrow{OI},\overrightarrow{OM}\right)=\alpha\,(\mathrm{mod}.2\pi).$$

نقول إن α قابلة للتثليث إذا كانت النقطة N من دائرة الوحدة بحيث

$$\left(\overrightarrow{OI},\overrightarrow{ON}\right)=\frac{\alpha}{3}\,(\mathrm{mod}.2\pi)$$

قابلة للإنشاء. هذا الإنشاء ليس على العموم ممكنا. لنأخذ على سبيل المثال $\alpha=\frac{\pi}{3}$. لو كانت N قابلة للإنشاء لكان مسقطها H على محور الفواصل قابلا للإنشاء ولكان $\overline{OH}=\cos\frac{\pi}{9}$ قابلا للإنشاء. في حين أن $\cos\frac{\pi}{9}$ صفر لكثير الحدود $8X^3-6X-1$ غير القابل للاختزال على $\mathbf{Q}$، لأنه لدينا بالفعل

$$\frac{1}{2}=\cos\frac{\pi}{3}=\Re e\left(\cos\frac{\pi}{9}+i\,\sin\frac{\pi}{9}\right)^3=4\cos^3\frac{\pi}{9}-3\cos\frac{\pi}{9}.$$

إذن $\cos\frac{\pi}{9}$ جبري درجته 3 على $\mathbf{Q}$، وهو في النهاية غير قابل للإنشاء.

4. إنشاء المضلعات المنتظمة

نذكر أن قابلية إنشاء المضلع المنتظم ذي السبعة عشرة ضلعا قد تم إثباتها من طرف ڤاوُس سنة 1796.

بصورة عامة لدينا النتيجة الآتية.

1.4. مبرهنة (إنشاء المضلعات المنتظمة)

يكون مضلع منتظم ذو n ضلعا قابلا للإنشاء بالمسطرة والبيكار إذا وفقط إذا كان n جداءً لقوةٍ للعدد 2 ولأعدادٍ لـ فيرما أولية مختلفة.

لنذكّر أن أعداد فيرما الأولية هي أعداد من الشكل $F_m=2^{2^m}+1$ أولية. حتى الآن لا يُعرَف منها سوى $F_0=3$، $F_1=5$، $F_2=17$، $F_3=257$، $F_4=65537$.

يمكن تقسيم الدائرة إلى n قوسا متقايسا إذا وفقط إذا كان n جداء لقوة للعدد 2 ولأعدادٍ لـ فيرما أولية مختلفة. ولدينا نتيجة مشابهة بالنسبة لفتيلة lemniscate برنولي.

المراجع

1. Mahdi Abdeldjaouad : Nombre constructibles, Miftah Al Hissab, No 69, Juin 1985, Association Tunisienne des Sciences Mathématiques.
2. Jean-Claude Carrega : Théorie des corps, La règle et le compas, Hermann, 1989.
3. R. & A. Douady : Algèbre et théories galoisiennes, Tome 2, Théories galoisiennes, CEDIC/Fernand Nathan, 1979.
4. Jean-Pierre Escofier : Théorie de Galois, 2e édition, Dunod, 2000.
5. Henri Lebesgue : Leçons sur les constructions géométriques, Jacques Gabay 1987.
6. Marc Reversat & Benoît Zhang : Cours de théorie des corps, Université Paul Sabatier de Toulouse, 24 mars 2003.

تقديم مجموعات الأعداد الشهيرة باستعمال الطريقة البنائية

عبد الرشيد سعدي
أستاذ بقسم الرياضيات، جامعة محمد بوضياف، المسيلة
abderrachid.saadi@univ-msila.dz

1. تقديم

تعتبر مجموعات الأعداد الشهيرة من بين أبرز ما يتلقاه الدارس في المراحل الأولى من تعلّمه للرياضيات. كما أنه لا يُستغنى عنها في العديد من فروع العلوم، سواء منها ما كان في العلوم التجريدية، أو التكنولوجية، أو البيولوجية، وحتى العلوم الإنسانية.

يستدعي ذلك من الرياضياتيين البحث عن الطرق الممكنة لتقديمها حسب الاختصاصات والمستويات المختلفة. وقد ارتأينا في هذا المقام تقديم هذه المجموعات من وجهة نظر بنائية متعلّقة بتسلسل المفاهيم الرياضية وفق نسق غير متناقض.

لقد اهتم الرياضياتيون في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بتأصيل مجموعة من المفاهيم الرياضية على خطى طريقة أقليدس (Euclide) في كتابه الأصول. فعلى سبيل المثال، نجد أعمال بيانو Peano وديدكيند Dedekind حول مجموعات الأعداد. كما اقترحت إحدى مسائل هيلبرت Hilbert معالجة إشكالات قائمة في بناء مجموعة الأعداد الطبيعية المقترحة من قِبل بيانو.

نقدّم فيما يلي نموذجا عن بناء مفهوم، وهو مفهوم العدد وفق المعايير التالية:

البنى الجبرية: ونقصد هنا البنى الجبرية الناتجة عن العمليتين الأساسيتين (الجمع والضرب).

علاقة الترتيب: وهي العلاقة المشهورة $\preceq$.

المترية: أي أن مجموعة الأعداد تتمتع بقبولها للمسافة بين عناصرها.

2. مجموعة الأعداد الطبيعية

إقترح بيانو جملة من المسلمات لإنشاء مجموعة الأعداد الطبيعية $\mathbb{N}$، وهي:

أولا: 1 عدد طبيعي.

ثانيا: من أجل كل عدد طبيعي n يوجد عدد طبيعي وحيد نرمز له بالرمز n^* ونسميه عاقب n.

ثالثا: من أجل كل عدد طبيعي n فإن $n^* \neq 1$.

رابعا: من أجل كل عددين طبيعيين m و n، إذا كان $n^* = m^*$ فإن $n = m$.

خامسا (مسلمة التراجع): إذا وُجدت مجموعة جزئية E من $\mathbb{N}$ تحوي العدد 1 وكلّما انتمى عدد طبيعي n للمجموعة E فإن عاقبه ينتمي لـ E، فإن هذه المجموعة ليست إلا مجموعة الأعداد الطبيعية $\mathbb{N}$.

نلاحظ ما يلي:

- في المسلمة الأولى، تمّ اعتبار بداية الأعداد الطبيعية هو 1 (يمكنك مراجعة [4])، بينما هناك مدرسة أخرى تعتبر بداية الأعداد الطبيعية هي 0 (يمكنك مراجعة [5]).
- يمكن تعويض المسلمات الثانية والثالثة والرابعة بما يلي: "يوجد تطبيق غامر * من $\mathbb{N}$ نحو $\mathbb{N}\setminus\{1\}$ يرفق بكل عدد طبيعي عاقبه" (يمكنك مراجعة [5]).

ستكون هذه المسلمات انطلاقة لتعيين مجموعة من الخواص والمفاهيم المرتبطة بالأعداد الطبيعية، والذي يهمنا من ذلك هنا هو ما يلي:

البنى الجبرية

يُعرّف الجمع والضرب بطريقة تراجعية كما يلي:

- حاصل جمع 1 مع أي عدد طبيعي هو عاقبه $(n+1=n^*)$، كما أن عاقب مجموع عددين طبيعيين هو حاصل جمع أحدهما مع عاقب الآخر $(n+m^*=(n+m)^*)$.
- الواحد 1 عنصر حيادي في الضرب $(n.1=n)$، ولدينا: $n.m^*=n.m+n$.

إن الجمع والضرب عمليتان داخليتان في $\mathbb{N}$، تبديليتان وتجميعيتان. كما أن الضرب عملية توزيعية على الجمع. نقول إن الثنائية $(\mathbb{N},.)$ تتمتع ببنية نصف زمرة.

علاقة الترتيب

نُعرّف علاقة الترتيب $\preceq$ في مجموعة الأعداد الطبيعية كما يلي:

من أجل كل عددين طبيعيين n,m نقول إن $n \preceq m$ إذا وفقط إذا كان $n=m$ أو وجد عدد طبيعي p بحيث $n+p=m$.

العلاقة $\preceq$ هي علاقة ترتيب كلي في مجموعة الأعداد الطبيعية.

المترية

يمكننا تعريف المسافة بين عددين طبيعيين على أنها الفرق بين أكبرهما وأصغرهما.

نستطيع تعريف مجموعات مشاكلة لمجموعة الأعداد الطبيعية $\mathbb{N}$ مستخدمين رموزا مختلفة لعناصرها:

$$\mathbb{N}=\{1,1^*,(1^*)^*,\cdots\}=\{1,2,3,\cdots\}=\{I,II,III,\cdots\}...$$

3. مجموعة الأعداد الصحيحة

في مجموعة الأعداد الطبيعية، لا تقبل المعادلة $x+a=b$ حلا إلا إذا كان a أقل تماما من b.

يمكن أن يكون العدد الطبيعي x حلا لعدة معادلات، فإذا فرضنا أنه حل للمعادلة

$$x+m=n$$

وللمعادلة

$$x+q=p$$

فإنه لدينا $n-m=p-q$. مما ينتج عنه $n+q=p+m$. على ضوء هذا نُعرّف في $\mathbb{N}\times\mathbb{N}$ علاقة التكافؤ $\sim$ التالية: من أجل كل ثنائيتين طبيعيتين (n,m) و(p,q) نقول إنّ $(n,m)\sim(p,q)$ إذا وفقط إذا كان

$$n+q=p+m.$$

نرمز لصفّ تكافؤ العنصر (n,m) بالرمز $[n,m]$ ونسمّيه عددا صحيحا، كما نرمز بـ $\mathbb{Z}$ لمجموعة الأعداد الصحيحة. وفيما يلي ترميزات ومسمّيات أخرى:

- نرمز بـ 0 لصف التكافؤ $[n,n]$ ونسميه الصفر.
- نرمز بـ n لصف التكافؤ $[n+1,1]$ ونسمّيه عددا موجبا. وبصفة عامة، نسمّي مجموعة الأعداد الصحيحة الموجبة المجموعة التالية $\mathbb{Z}^+=\{[n,m],n,m\in\mathbb{N},n>m\}$ ، وهي مجموعة الأعداد الطبيعية نفسها.

- نرمز بـ $-n$ لصف التكافؤ $[1, n+1]$، ونسمّيه عددا سالبا. بصفة عامة، نسمّي مجموعة الأعداد الصحيحة السالبة المجموعة التالية $\mathbb{Z}^- = \{[n,m], n,m \in \mathbb{N}, n < m\}$.
- يُرمز لمجموعة الأعداد الصحيحة غير المعدومة بالرمز $\mathbb{Z}^*$.

البنى الجبرية

نُعرّف الجمع والضرب في مجموعة الأعداد الصحيحة بالطريقة ذاتها التي يُعرّفان بها في مجموعة حاصل القسمة (مجموعة أصناف التكافؤ). ويعتبران بذلك تمديدا لهاتين العمليتين في $\mathbb{N}$، مما يُكسب الثنائية بنية $(\mathbb{Z}, +)$ زمرة تبديلية، والثلاثية $(\mathbb{Z}, +, .)$ بنية حلقة تبديلية واحدية.

علاقة الترتيب

نُعرّف علاقة الترتيب $\preceq$ في مجموعة الأعداد الصحيحة بالطريقة ذاتها التي تمّ تعريفها في مجموعة الأعداد الطبيعية.

العلاقة $\preceq$ هي علاقة ترتيب كلي في مجموعة الأعداد الصحيحة.

المترية

تُعرّف القيمة المطلقة لعدد صحيح بأنها مسافته إلى الصفر، وهي الفرق الموجب بين العدد وبين الصفر. أما المسافة بين عددين صحيحين فهي القيمة المطلقة للفرق بينهما.

4. مجموعة الأعداد الناطقة

في مجموعة الأعداد الصحيحة، لا تقبل المعادلة $a.x = b$ (حيث a عدد صحيح غير معدوم) حلا إلا إذا كان a يقسم b.

يمكن أن يكون العدد الصحيح x حلا لعدة معادلات، فإذا فرضنا أنه حل للمعادلة $m.x = n$ والمعادلة $q.x = p$. عندئذ يكون $n/m = p/q$، مما ينتج عنه $n.q = p.m$ (ناتج جداء الطرفين يساوي ناتج جداء الوسطين).

واستناد إلى ما سبق يمكننا أن نعرف في $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}^*$ علاقة التكافؤ $\sim$ التالية:

من أجل كل ثنائيتين صحيحتين (n,m) و (p,q) نقول إن $(n,m) \sim (p,q)$ إذا وفقط إذا كان $n.q = p.m$.

نرمز لصف تكافؤ العنصر (n,m) بالرمز $\frac{n}{m}$ ونسميه عددا ناطقا (نختار الممثّل غير القابل للاختزال، أي الذي يجعل القاسم المشترك الأكبر للعددين (n,m) يساوي 1. كما نرمز بـ $\mathbb{Q}$ لمجموعة الأعداد الناطقة.

تحوي مجموعة الأعداد الناطقة مجموعة الأعداد الصحيحة ولدينا $\mathbb{Z} = \{\frac{n}{1}, n \in \mathbb{Z}\}$.

البنى الجبرية

يُعرّف الجمع والضرب عن طريق أصناف التكافؤ كما يلي: من أجل كل عددين ناطقين $[n,m]$ و $[p,q]$ فإنّ

$$[n,m] + [p,q] = [n.q + m.p, m.q] \quad \text{و} \quad [n,m].[p,q] = [n.p, m.q].$$

يمكن ملاحظة أنه باستعمال الرمز المألوف للكسور سنحصل على مجموع وجداء كسرين كما تعلّمناه في المرحلة الابتدائية والمتوسطة (بعد اختيار الممثّل عن طريق الاختزال).

تمثّل الثنائية $(\mathbb{Q}, +)$ بنية زمرة تبديلية، والثلاثية $(\mathbb{Q}, +, .)$ تمثل بنية حلقة تبديلية واحدية؛ كما تمثل حقلا تبديليا.

علاقة الترتيب

نُعرّف علاقة الترتيب $\leq$ في مجموعة الأعداد الناطقة بالطريقة ذاتها التي تمّ تعريفها في مجموعة الأعداد الصحيحة.

إن العلاقة $\leq$ هي علاقة ترتيب كلي في مجموعة الأعداد الناطقة.

المترية

يتم تمديد تعرف القيمة المطلقة والمسافة بسهولة إلى مجموعة الأعداد الناطقة.

الجذر التربيعي

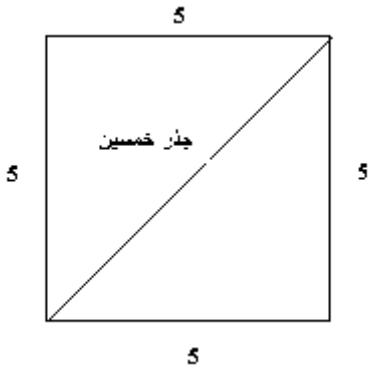
نقول إن العدد الناطق a يقبل جذرا تربيعيا إذا وجد عدد ناطق موجب أو معدوم b يحقق $b^2 = a$.

نرمز للجذر التربيعي للعدد الناطق a بالرمز $\sqrt{a}$.

5. مجموعة الأعداد الحقيقية

يمكن إثبات أنه توجد أعداد ناطقة موجبة لا تقبل جذرا تربيعيا (حالة العدد 2 مثلا)، رغم أنّ نظرية فيثاغورس تشير إلى أن وجود هذا العدد ممكن، وذلك بأخذ مثلث قائم متساوي الساقين طول ضلعه القائم هو 1، فيكون طول وتره هو حل المعادلة المذكورة والذي سنرمز له بالرمز $\sqrt{2}$. لقد انتبه القدماء إلى وجود هذا النوع من الأعداد، والتي سيتم توسيعها إلى مجموعة تسمى مجموعة الأعداد الصماء.

وهذه قطعة من كتاب المختصر في حساب الجبر والمقابلة لمحمد بن موسى الخوارزمي:



ومثال ذلك أرض مربعة من كل جانب خمسة أذرع، تكسيرها خمسة وعشرون وهذه صورتها :

الجذر التربيعي عند الخوارزمي

تسمى المجموعة المشكلة من الأعداد الناطقة والأعداد الصماء مجموعة الأعداد الحقيقية. ولإنشائها نستعمل طرقا مختلفة، منها:

- استعمال المتتاليات الكوشية في مجموعة الأعداد الناطقة، والتي تتقارب إلى أعداد حقيقية. هذا الأمر ناجم عن خاصية طبولوجية، وهي كثافة مجموعة الأعداد الناطقة في مجموعة الأعداد الحقيقية، والتي تسمح بتقريب عدد حقيقي بمتتالية من الأعداد الناطقة.
- استعمال مقاطع ديدكيند: نسمي مقطعا في $\mathbb{Q}$ كل مجموعة غير خالية C تتمتع بالخاصيتين التاليتين:

أ. إذا كان $c \in C$ وكان $a \in \mathbb{Q}$ محققا $a < c$ فإن $a \in C$.

ب. من أجل كل $c \in C$ يوجد $b \in C$ بحيث $b > c$.

نسمي مجموعة الأعداد الحقيقية مجموعة المقاطع المعرفة أعلاه، ونرمز لها بالرمز $\mathbb{R}$، وهي مجموعة تحوي مجموعة الأعداد الناطقة.

البنى الجبرية

يتم تمديد الجمع والضرب إلى مجموعة الأعداد الحقيقية بحيث تُمثّل الثنائية $(\mathbb{R}, +)$ بنية زمرة تبديلية، وتُمثّل الثلاثية $(\mathbb{R}, +, .)$ بنية حلقة تبديلية واحدية، وتمثل أيضا حقلا تبديليا.

علاقة الترتيب

نُعرّف علاقة الترتيب $\leq$ في مجموعة الأعداد الحقيقية بالطريقة ذاتها التي تمّ تعريفها في مجموعة الأعداد الناطقة، وهي علاقة ترتيب كلي أيضا.

المترية

يتم تمديد تعريف القيمة المطلقة والمسافة بسهولة إلى مجموعة الأعداد الحقيقية.

الجذر التربيعي

كل عدد حقيقي موجب أو معدوم a يقبل جذرا تربيعيا وحيدا هو العدد الحقيقي الموجب أو المعدوم b الذي يحقق $b^2 = a$. نرمز للجذر التربيعي للعدد الحقيقي a بالرمز $\sqrt{a}$.

6. مجموعة الأعداد العُقَديّة (المركبّة)

اهتم الرياضياتي الإيطالي كاردانو Cardan في االقرن السادس عشر الميلادي بالمسألة التالية: هل يمكن إيجاد عددين مجموعهما يساوي 10 وجداؤهما يساوي 40؟ يقودنا هذا الطرح إلى المعادلة $\left(\frac{x-5}{\sqrt{15}}\right)^2 = -1$. ويؤول حلّ هذه المسألة إلى إيجاد الجذور التربيعية للعدد السالب (-1)، وهو ما اعتبر آنذاك غامضا وغير مجد. وفي ذلك الوقت ظهرت تسمية العدد التخيلي.

بقي الأمر على هذا النحو إلى أن اهتدى غوص Gauss إلى أنه يمكن اعتبار الأعداد المركبة نقاطا للمستوي الأقليدي. فباعتبار أن المستوي مزوّد بمعلم متعامد ومتجانس، وبمراعاة التقابل بين المستوي والمجموعة $\mathbb{R}^2$ يمكننا أن نعطي التعريف الموالي:

- نسمي عددا عُقديا كل ثنائية $z = (x, y)$ حيث x و y عددان حقيقيان.
- نرمز لمجموعة الأعداد العُقدية (المركبة) بالرمز $\mathbb{C}$.
- يسمى العدد x الجزء الحقيقي للعدد z ونرمز له بالرمز $Re(z)$.
- نطابق بين كل عدد حقيقي x وبين الثنائية $(x, 0)$، مما يعني أن مجموعة الأعداد العقدية تحوي مجموعة الأعداد الحقيقية.
- يسمى العدد y الجزء التخيلي للعدد z، ونرمز له بالرمز $Im(z)$.

البنى الجبرية

من أجل كل عددين عقديين $z_1 = (x_1, y_1)$ و $z_2 = (x_2, y_2)$، نُعرّف الجمع والضرب كما يلي:

$$z_1 + z_2 = (x_1 + x_2, y_1 + y_2), z_1 . z_2 = (x_1 . x_2 - y_1 . y_2, x_1 . y_2 + x_2 . y_1)$$

نقول إن الثنائية $(\mathbb{C}, +)$ تمثل بنية زمرة تبديلية، كما نقول إن الثلاثية $(\mathbb{C}, +, .)$ تمثل بنية حلقة تبديلية واحدية، وتمثل أيضا حقلا تبديليا.

- نلاحظ أن $-1 = (-1,0) = (0,1).(0,1)$، وهذا يعني أن $(0,1)$ هو أحد الجذور التربيعية لـ (-1)، والذي نرمز له عادة بالرمز i (الجذر التربيعي الآخر هو $-i$).
- استنادا إلى ما سبق يمكننا أن نكتب كل عدد عقدي $z = (x, y)$ على الشكل $z = x + iy$، والذي نسميه الشكل الجبري للعدد العقدي z.
- يسمى العدد العقدي $\bar{z} = x - iy$ مرافق العدد z.

علاقة الترتيب

لا يمكن تمديد علاقة الترتيب $\leq$ إلى مجموعة الأعداد العقدية تبقى علاقة ترتيب كلي.

المترية

- نُعرّف طويلة العدد المركب $z = x + iy$ كما يلي $|z| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

وبهذا يمكننا تعريف المسافة بين عددين عقديين على أنها طويلة الفرق بينهما، وهذا ما يتطابق مع المسافة الأقليدية في $\mathbb{R}^2$.

- عمدة عدد عقدي غير معدوم z والتي نرمز لها بالرمز $\arg z$ هو قيس القوس الرئيسي الذي يحقق

$$\cos\arg z = \frac{Re z}{|z|} \sin\arg z = \frac{Im z}{|z|}.$$

- يمكننا أن نكتب العدد z على الشكل $z = |z|(\cos\arg z + i\sin\arg z)$، والذي يسمى الشكل المثلثي للعدد العقدي z. كما يمكننا كتابته على الشكل $z = |z|e^{i\arg z}$، والذي يسمى الشكل الأسي أو شكل أولر Euler.

7. خلاصة

لقد تم تقديم مجموعات الأعداد بطريقة تسلسلية بنائية، تعتمد فيها كل مجموعة أعداد على سابقتها بحيث ينسجم بناؤها مع حل مشكل لا يمكن حله في المجموعة السابقة، وكذلك مراعاة تمديد العمليات والمسافة بطريقة سلسة، والحفاظ على علاقة الترتيب ما أمكن ذلك. نستطيع إيراد الملاحظات التالية:

- هذا النمط التسلسلي لا بد له من بداية، ولذا جاء إنشاء مجموعة الأعداد الطبيعية عن طريق مسلمات أولية. إن هذا الأمر يطرح إشكالا فلسفيا: "هل يمكن أن يشكّل النظام المسلّمي مجموعة كاملة منسجمة بحيث يمكن الاكتفاء بقضاياه من أجل توليد قضايا جديدة وفق مبدأ الاستنتاج الرياضياتي؟

لقد تمّ البتّ في مسألة الاتساق أو الانسجام من قِبل كورت غودل Gödel، حيث ينصّ على أنه لا يمكن أن يكون مثل هذا النسق كاملا. يمكن تفسير ذلك بأن القضايا الأولية تم وضعها اعتمادا على معايير خارجية (كالحواس أو المكتسبات القبلية)، وهذا يعني أنه لا يمكن أن يتم الفصل في صحتها من عدمه وفق برهان مجرّد. يُذكّرنا هذا بإشكال عمّر قرونا، وهو الإشكال المتعلق بالمسلّمة الخامسة لأقليدس، والذي انتهى في نهاية المطاف إلى ظهور هندستين غير أقليديتين (الزائدية والناقصية).

- هناك طرق أخرى تعتمد على التصور في إنشاء مجموعة الأعداد الطبيعية، وعلى التمثيل الهندسي باستعمال المعلم في إنشاء بقية المجموعات. هذه الطرق مفيدة من الناحية التعليمية، حيث يمكن قياس نجاعتها في تقديم مفهوم العدد بأنواعه لتلاميذ المراحل المبكرة من التعليم.

- من البديهي طرح مسألة تمديد مجموعة الأعداد العقدية إلى مجموعة أخرى تتمتع بقبول العمليات والمسافة. يمكن التفكير في بنية الفضاء الشعاعي، لكن هذا سيثير إشكالا حول البنية الجبرية (غياب بنية الحلقة والحقل وتعويضها ببنية الفضاء الشعاعي)، وهذا يعني احتفاظنا بخاصية قبول المسافة فقط. وبهذا نفقد أهم ميزة في العدد، وهي قبول العمليتين الداخليتين: الجمع والضرب.

مراجع

1. أقليدس: الأصول في الهندسة، ترجمة كريثيليوس فان دبك، شيكاغو، 1963.
2. ريمون كوتي: جاك إيزرا، التحليل الرياضي، جزء 1، تعريب يوسف عتيق، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1989.
3. محمد بن موسى الخوارزمي: الجبر والمقابلة، تحقيق علي مصطفى مشرفة ومحمد مرسي أحمد، دار الكاتب العربي للطباعة والنشر، مصر، 1968.
4. Ayres F : Algèbre moderne, Série Schaum, Paris, 1985.
5. Ebbinghaus H. D. *et al*: Numbers, Springer, New York, 1995.

متى لا يجب الوثوق في الحواسيب؟

عبد العزيز شوتري
قسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
abdelaziz.choutri@g.ens-kouba.dz

1. مقدمة

لقد أصبحت الحواسيب جزءا من حياتنا اليومية، وأصبح حتى تلاميذ الابتدائي لا يقومون بأي عملية حسابية، ولو كانت بسيطة، دون الاستعانة بالآلات الحاسبة أو بحاسبات الهواتف ويثقون في نتائجها ثقة عمياء. ولم يعد يقتصر الأمر على تلاميذ الابتدائي بل تعدّاه إلى طلبة الثانوي والجامعي، والكثير من الباحثين في شتى الميادين العلمية.

نودّ في هذا المقام التنبيه إلى أن الحواسيب ككل الآلات الأخرى، يمكن أن تنتج عن استعمالها الخاطئ أخطاء حسابية لا نتفطن إليها، مع أن لها تأثيرا كبيرا على النتائج المرجوّة.

سنسرد في هذا المقال عدة أنواع من الأخطاء الناتجة عن البرمجة التي لا تنبهنا إليها الحواسيب. وقد قسّمنا هذه الأخطاء إلى عدة مجموعات، ورتبناها من الأخطاء البسيطة إلى الأقل بساطة، إلى الأكثر تعقيدا. وهذه الأخيرة متعلقة بالنمذجة الرياضية للمسائل الفيزيائية والمسائل الطبيعية عموما التي تتدخل الحواسيب في نتائجها. وكثيرا ما نجد نتائج على شكل جداول إحصائية ورسومات بيانية مزهوٌ بها أصحابها، وأحيانا يتفاخرون بها ويقدّمونها بشكل يسرُّ الناظرين إليها. مع أنها، للأسف، خاطئة وبعيدة كل البعد عن النتائج الفعلية.

يعتقد بعض المبرمجين وخاصة المبتدئين منهم، نظرا لانبهارهم بالسرعة الفائقة للحواسيب، أنهم استطاعوا استعمال الحواسيب لحل مسائل رياضية أو في علوم الطبيعة عموما. ونتيجة ثقتهم العمياء في الحواسيب يرتكبون أخطاء في البرمجة لا تنبّه لها الحواسيب، ويحصلون على نتائج يبنون عليها تصوراتهم للحلول، ويطلقون الأحكام المستقبلية على مسائل مشابهة لم يقوموا بحلها بحجة التعميم. وبذلك يكونون قد ارتكبوا أخطاء عواقبها أحيانا وخيمة بدون علم، وبالتالي تكون تنبؤاتهم بعيدة عن الحقيقة لدرجة التضاد.

ومع الأسف، تعدّت هذه الأخطاء إلى المحترفين فأصبح البعض منهم يتعمّدون بعض الأخطاء، وأحيانا يعدّلون في النتائج قصد تقديمها بالشكل الذي يتمنّون أن تكون وذلك بحثا عن السبق العلمي والشهرة، وأحيانا بحثا عن الثراء.

نكتفي هنا مثال عن هذا النوع من الأخطاء المتعمّدة، والتي استُعمل فيها الحاسوب، وربما سنخصص لها مقالا في الأعداد القادمة من المجلة.

النص التالي مأخوذ مترجما من صحيفة المركز الوطني للبحث العلمي الفرنسي (CNRS)، وقد جاء تحت عنوان: "سبع قضايا شهيرة لعلماء متهمين بالاحتيال" في الموقع

https://lejournal.cnrs.fr/articles/sept-cas-celebres-de-scientifiques-accuses-de-fraude

النص:

في عام 1998، نشر الجراح البريطاني أندرو ويكفيلد في دراسة على اثني عشر طفلاً، زعم فيها أن بعضهم قد طوّر شكلاً من أشكال التوحّد بعد إعطاء لقاح الحصبة والحصبة الألمانية (MMR). أدّى هذا المنشور إلى انخفاض حاد في تغطية التطعيم في المملكة المتحدة، وزيادة ملحوظة في حالات الحصبة. ومع ذلك، لم يتمكن أي فريق آخر من

تكرار هذه النتيجة. والأسوأ من ذلك أن صحيفة صنداي تايمز كشفت في عام 2004 أن الأطفال الذين يُزعم أنهم أصيبوا بالتوحّد كانوا مصابين بالتوحّد قبل التطعيم.

قبل كل شيء، كشفت الصحيفة أن ويكفيلد تمّت رشوته من قِبل محام أراد اتخاذ إجراء قانوني ضد المختبر الذي ينتج اللقاح. كانت نتائج الدراسة في الواقع ملفّقة بالكامل لبلوغ هذا هذا الغرض. وقد سلّطت العديد من المقالات في المجلة الطبية البريطانية الضوء في وقت لاحق، موضحة أن ويكفيلد خطط لبدء عمل تجاري مدعوم بحملة دعائية ضد اللقاحات.

وفي يناير 2010، قضت محكمة المجلس الطبي العام البريطاني بأن الجراح مذنب وأنه قام بتلفيق البيانات، وجرّدته من حقّه في ممارسة الطب في المملكة المتحدة مدى الحياة. ومع ذلك، فإن هذا الرأي حول لقاح الحصبة والنكاف والحصبة الألمانية، الذي لا أساس له من الصحة، لم يتبدّد تمامًا لدى الجمهور. ويكفيلد، الذي أنكر دائمًا أي احتيال، ظل يمارس عمله الآن في الولايات المتحدة ويتدخل بانتظام لصالح جماعات الضغط المناهضة للتلقيح، وبذلك فهو يواصل مسيرته المهنية كـ"تاجر للشك". انتهى النص المقتبس.

نعود الآن إلى الأخطاء غير المتعمّدة.

مثال1

إذا كان a=1/2 فإن قيمة a عند الحاسوب تساوي 0 لأن القسمة هنا تتم في مجموعة الأعداد الصحيحة)، فإذا أردناها في مجموعة الإعداد الحقيقية يجب كتابة a=1./2 أو a=1/2. أو a=1./2.، ففي هذه الحالات تكون النتيجة حقيقية أي a=0.5. مع ملاحظة أننا إذا استعملنا برامج جاهزة للحساب كبرامج Scilab أو MatLab فهاته البرامج هي التي تتكفل بإجراء القسمة الحقيقية (أي في مجموعة الإعداد الحقيقية) إلا إذا تعمّدنا القسمة الصحيحة (أي في مجموعة الأعداد الصحيحة). ففي هذه الحالة يجب إخبار هاته البرامج.

2. الأخطاء الناتجة عن استعمال الأعداد الصحيحة الكبيرة

مثال 2

لنقم بالعملية الحسابية التالية باستعمال آلة حاسبة، أو حاسوب، أو باستعمال حاسبة الهاتف.

11111111x11111111

سنجد عدة نتائج مختلفة منها:

$$10000001x10000001=1.x10^{14}=100000000000000$$

أو

10000001x10000001=100000020000001.

من الواضح أن الفرق كبير جدا!

كما يمكن أن نجري العملية التالية أيضا 111111111x111111111.

سنجد

$$111111111x111111111=1.234567898765x10^{16}=12345678987650000$$

أو

12345678987654321.

السؤال: ما هي النتيجة الصحيحة؟

من الواضح أن النتيجة الأولى في كلتا الحالتين خاطئة لأن ضرب عددين آخر أرقامهما 1 لا يمكن أن ينتهي بـ 0.

ماذا حدث؟ وأين الخلل؟

إن قدرة أي آلة (آلة حاسبة أو حاسوب) على تخزين الأعداد محدودة مهما كان تطور الحاسوب، إذ أنه لا يمكن تخزين الأعداد الأكبر من 2^n حيث n=16 أو n=32 أو n=64.

يقوم الحاسوب بتحويل العدد من النظام العشري إلى النظام الثنائي، ثم يخزنه على الشكل التالي

0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

وهذا هو أكبر عدد في النظام الثنائي، ويساوي 2^{16-1} -1 في النظام العشري في حالة n=16.

مثال 3

نجري العملية التالية بواسطة برنامج بلغة C أو Fortran في حاسوب قدرته التخزينية n=32:

12 !x13.

سيعطي النتيجة التالية

12 !x13=1932053504.

من الواضح أن النتيجة خاطئة !!

ما هو تفسير ما قام به الحاسوب؟

لقد حسب ! 12 فوجدها 479001600 =! 12، وهذا صحيح، ثم يقوم بتخزينها على الشكل

11100100011001111110000000000

0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

وعند ضرب هذا العدد في 13 يحصل على النتيجة التالية

10111001100101000110011000000000.

ومن ثمّ يخزنها، وذلك بملء الجدول من اليمين إلى اليسار فيحصل على

1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

يُهمل الرقم 1 في الأخير، ولا يخزّنه لأنه في الموضع 33 وقدرة الآلة هي 32 فقط. فعندما نطلب من الآلة كتابة النتيجة تخرجها في النظام العشري على الشكل

13 !=1932053504.

وبطبيعة الحال، فهي نتيجة خاطئة.

3. الأخطاء في الأعداد الحقيقية (جزء صحيح وجزء عشري)

أما الأعداد الحقيقية فتُخزّن بقيمة تقريبية، حيث أنه لا يراعي إلا عددا محددا من الأرقام بعد الفاصلة، فيأخذ بعين الاعتبار 6 أرقام إذا طلبنا منه دقة بسيطة أو 10 أرقام إذا كانت الدقة مضاعفة، وتُهمل الأرقام الأخرى. وهذا ناتج عن قدرة كل آلة على تخزين الأعداد، ومهما كان الحاسوب فقدرته محدودة.

لنأخذ مثالا بسيطا، وليكن جمع 0.1 ثلاث مرات.

```c
#include <stdio.h>
 main()
{

   int i,k,j,n;
 for(j=1;j<=3;j++)
 {
  printf("n=");
  scanf("%d",&n);
  k=1;
   for(i=1;i<=n;i++)
   k=k*i;

  printf("%d!=%d\n",n,k);
}
}
```

```
    2 |  main()
      |  ^~~~
n=5
5!=120
n=12
12!=479001600
n=13
13!=1932053504
```

الشكل 1. برنامج يحسب عاملي عدد طبيعي

```c
#include <stdio.h>
 main()
{
   float x;
   int i;
   x=0;
   for(i=1;i<=3;i++)
 {  x=x+0.1;

 } printf("x=%10.8f\n",x);
}
```

```
    2 |  main()
      |  ^~~~
x=0.30000001
```

الشكل 2. برنامج يقوم بجمع 0.1 ثلاث مرات X=0.1+0.1+0.1

نلاحظ أن مجموع 0.1 ثلاث مرات من المفروض أن يعطي 0.3 بالضبط، لكن النتيجة المتحصّل عليها بالحاسوب هي 0.30000001.

فمن أين نتج هذا الخطأ؟

تصوّروا لو أننا في مسألة اقتصادية نريد جمع 0.1 مليون مرة، فالنتيجة ستكون

x=100958.34375000

بدلا عن 100000. وبالتالي فالخطأ كبير جدا وهو 958.34375000، وهو ناتج عن كون العدد 0.1 أصم في النظام الثنائي أي

$(0.1)_{10}=(0.0001100110011.....)_2$.

فعدد الأرقام بعد الفاصلة غير منته. وبالتالي تأخذ الآلة بعين الاعتبار ستة أرقام فقط بعد الفاصلة وتُهمل الباقي.

4. القسمة على عدد حقيقي صغير جدا

إذا أردنا أن نستعمل الحاسوب لإيجاد $\frac{1}{10^{-11}}$ فيكون البرنامج التالي كما هو موضح في الصورة.

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <math.h>
3   main()
4  {
5  float x,y;
6  x=pow(10,-11);//x=10^(-10)
7  y=1./x;
8  printf("x=%f\n y=%f\n",x,y);
9  }
```

```
   11 |  main()
      |  ^~~~
x=0.000000
 y=99999997952.000000
```

الشكل 3. حساب مقلوب عدد صغير جدا بدقة عادية

نلاحظ أن قيمة x في السطر 6 من البرنامج هي 10^{-11}، وقيمة y في السطر 7 هي مقلوب x. لكن النتيجة مختلفة تماما عن الواقع حيث من المفروض أن يكون x=0.00000000001 و y=100000000. وهذا ناتج عن كون الحاسوب لا يراعي إلا 10 أرقام بعد الفاصلة ويَعتبر باقي الأرقام غير معنوية بالعملية، أي أن هناك أرقاما أخرى يأخذها الحاسوب ولا نراها، ولا يمكن للمستعمل أن يتحكم فيها. ولذا تخرج النتيجة على الشكل

y=99999997952.000000 .

إذا استبدلنا السطر 5 بالتصريح double x,y نحصل على نتيجة صحيحة. وذلك لأننا طلبنا حجز مكان مضاعف للأعداد الصحيحة فيكون عدد الأرقام المعنوية بعد الفاصلة هو 15 بدلا من 10 كما هو مبين في الصورة.

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <math.h>
3   main()
4  {
5  double x,y;
6  x=pow(10,-11);//x=10^(-10)
7  y=1./x;
8  printf("x=%15.13lf\n y=%lf\n",x,y);
9  }
```

```
   3 |  main()
     |  ^~~~
x=0.0000000000100
 y=100000000000.000000
```

الشكل 4. حساب مقلوب عدد صغير جدا بدقة مضاعفة

لكن إذا أخذنا $x < 10^{-15}$ فإننا نحصل على نتائج خاطئة.

5. ما العمل إذا كنا في حاجة إلى هذه العمليات؟

توجد طريقة رياضية تسمى الحساب الشكلي Formal calculus. والفكرة الأساسية في هذه الطريقة هي أن نتعامل مع الأرقام المكوّنة للعدد وليس العدد ذاته. فيكتب العدد 2045 مثلا، على الشكل الشعاعي (2,0,4,5)، وبدلا عن تخزين العدد كما هو، نخزّن أرقامه فقط. وفي هذه الطريقة نُعرّف من جديد العمليات الأساسية الأربع. فالجمع مثلا نعرّفه كالتالي:

$$2045+83=(2,0,4,5)+(0,0,8,3)$$
$$=(2,1,2,8)$$
$$=2128\ .$$

وتعرّف عمليات الطرح والضرب والقسمة على الأرقام.

6. أخطاء ناتجة عن النماذج الرياضية

هناك الكثير من المسائل الفيزيائية التي توضع لها نماذج رياضية وتدرس وتحلّل رياضيا، ونثبت أن تلك المسائل تتمتع بحل. وفي كثير من الأحيان يكون الحل وحيدا تحت شروط محددة، وعندما ننتقل إلى حساب الحل عدديا تكون المسائل العددية على شكل جملة معادلات خطية.

نلاحظ هنا أنه إذا لم نكن نعرف خصائص مصفوفة الجملة فقد نحصل على حل ليس له أي علاقة بالحل الفعلي للمسألة.

لنأخذ المثال التالي: لتكن الجملة التالية

$$\begin{bmatrix} 7 & 1 & 11 & 10 \\ 2 & 6 & 5 & 2 \\ 8 & 11 & 3 & 8 \\ 6 & 9 & 3 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 29 \\ 15 \\ 30 \\ 24 \end{bmatrix}.$$

إن حل هاته الجملة هو

$$x = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

لنستبدل شعاع الطرف الثاني بالشعاع التالي

$$\begin{bmatrix} 29 \\ 15 \\ 30 \\ 23.9 \end{bmatrix}$$

(لقد استبدلنا المركبة الأخيرة بـ 23.9 بدلا من 24، وهو تغيير طفيف كثيرا ما يحدث كخطأ تقريب.). عندئذ نحصل على حل بعيد كل البعد عن الحل الأول، وهو

$$x = \begin{bmatrix} 4.4555556 \\ 0.4333333 \\ 1.4333333 \\ -1.8388889 \end{bmatrix}.$$

وهذا ناتج عن كون المصفوفة غير مكيّفة جيدا، أي أن عددها التكيفي matrix condition number بعيد جدا عن الواحد. حيث أن عدد تكيّف مصفوفة معرفة موجبة تماما هو

$$cond(A) = \frac{|max\ (\lambda_i(A\ ))|}{|min\ (\lambda_i(A\ ))|}$$

حيث تمثّل $\{\lambda_i(A\ )\}$مجموعة القيم الذاتية للمصفوفة A.

فإذا كان هذا العدد بعيدا عن العدد 1 تكون المصفوفة سيئة التكييف poorly conditioned.

ولمعالجة هذا النوع من المسائل نستعمل طريقة تفكيك المصفوفة حسب عناصرها الشاذة singular value .

فإذا كانت لدينا الجملة $Ax = b$ فإن

$$A = VSU^T$$

حيث U و V مصفوفتان متعامدتان و S مصفوفة قطرية يحتوي قطرها على العناصر الشاذة للمصفوفة A.

ثم نُكوّن الأشعة الملحقة y و z كما يلي

$$Uz = b$$
$$Sy = z$$
$$V^T x = y$$

وبما أن المصفوفتين U و V متعامدتان فإن حساب z و x لا يطرح أي مشكلة، حيث

$$z = U^T b$$
$$x = Vb$$

7. خلاصة

إذا أردنا استعمال حاسوب فيجب التعرّف على خصائصه وقدراته على التخزين ومعرفة إن كان نظام تشغيله من نوع 32bits أو 64bits. ويجب كذلك ألّا نضع الثقة المطلقة في الحواسيب، حيث يتعين إيجاد طريقة لمراقبة النتائج كاستعمال البرنامج لحل مسألة نعرف حلها مسبقا. فإذا أعطانا حلا غير الحل المنتظر نستنتج أن طريقة برمجتنا يشوبها خلل يجب إصلاحه. أمّا بالنسبة للنماذج الرياضية، فهناك طرق تحليلية لمعرفة فعالية النماذج ومواكبتها للشروط الفيزيائية للمسائل.

علوم طبيعـــــية

دور الأصناف والأنواع المحلية
في ضمان استقرار النظم الفلاحية في ظل التغيرات البيئية الكبرى

خالد العايش
أستاذ بقسم الفلاحة، جامعة الوادي
chaoui20@yahoo.fr

مقدمة

كيف يمكن توفير الغذاء للإنسانية، حاضرا ومستقبلا، في أفضل الظروف الاقتصادية والاجتماعية، وخاصة البيئية؟ للإجابة عن هذا السؤال، يجب العودة إلى بدايات البشرية والنظر في تطور البشر والأرض.

1. ظهور النُظُم الفلاحية و انتقاء الأنواع

تمكّن الإنسان من خلال خياراته الاستراتيجية، والأسباب الاجتماعية والاقتصادية والفلاحية أن ينشئ محاصيل تُلَبي خياراته واحتياجاته الحيوية، وبدأت هذه العملية منذ أكثر من عشرة آلاف عام. وأثناء الفترة المعروفة باسم العصر الحجري الحديث، الذي ظهرت فيه البُنى الأولى للمحاصيل والثروة الحيوانية، تمَّ انتقاء النباتات الغذائية وتدجين الحيوانات النافعة. تُسمَّى هذه البُنى بالنُظُم الفلاحية، وهي أنظمة بيئية محوّلة، تمَّ بناؤها بفعل الإنسان من أجل استغلالها بطريقة زراعية، لإنتاج الغذاء أو المواد الصناعية أو الطاقة.

2. ضعف النُظُم الفلاحية في مواجهة التغيرات البيئية بسبب الفلاحة الحديثة

تتعرض النُظُم الفلاحية حاليًا لخطر العديد من التغييرات بسبب الأنشطة البشرية، مثل استنفاد طبقة الأوزون في الستراتوسفير، وفقدان التنوّع البيولوجي، والتغيرات في النُظُم الهيدرولوجية وإمدادات المياه العذبة، وتدهور التربة وتغير المناخ. يشكل كل ذلك مخاطر بيئية واسعة النطاق تهدّد النُظُم الفلاحية على مستوى المعمورة، وزاد الطين بلة الانجراف المستمر للتنوع البيولوجي.

لقد بدأت هذه الخسارة عند ظهور أصناف حديثة، تمَّ اختيارها بطريقة تؤدي إلى رفع الإنتاج خلال الثورات الزراعية (استخدام الريّ والأسمدة المعدنية والأدوية النباتية)، والاستجابة بشكل أفضل لعمليات التحويل والتوزيع في الصناعات الغذائية. بعد ذلك، أدّى استبدال العديد من النُظُم الزراعية التقليدية بأشكال مكثفة من الزراعة (المكننة) إلى استنفاذ التنوع البيولوجي المزروع على نطاق عالمي.

تدُقُّ منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO) ناقوس الخطر، مشيرة إلى أن 12 صنفًا فقط توفّر ثلاثة أرباع الأغذية النباتية المستهلكة في العالم. هذا التقدير يُثقل كاهل الزراعة الحديثة المهدّدة بالتآكل الوراثي، وفي بعض الأحيان القضاء على جزء كبير من الأصناف القديمة إثر استبدالها بأصناف هجينة من النوع F1 غير القابلة للتكاثر. ونحن تعلم أنَّ البذور الأصلية فعَّالة في مقاومة التغيرات المناخية، كونها لا تتطلب الكثير من مياه السقي، وتساهم في حفظ الموروث الجيني من الاندثار. يفرض هذا النمط الزراعي استيراد هذه البذور الهجينة لكل موسم زراعي بتكاليف باهظة تفرضها الشركات الكبرى لإنتاج البذور والمدخلات الفلاحية (أسمدة صناعية،أدوية كيماوية، إلخ) حيث يُشكّل الاستخدام المتزايد للبذور الهجينة تهديداً متواصلاً يمكن أن يؤدّي إلى اختفاء البذور الأصلية، وبالتالي فقدان التراث الجيني المحلي، حسب منظمة الأغذية والزراعة الأممية.

يترك اختفاء الأصناف والأنواع المحلية التي تملك خاصية "التأقلم التام مع الجفاف، بالإضافة إلى قيمتها الغذائية" الإنسانية في حيرة من أمرها في مواجهة هذا الوضع الذي إذا لم نتفاعل معه بشكل سريع وفعال، فإنَّ السنوات القليلة القادمة قد تحمل أزمات مضاعفة مع اختفاء الأصناف الأخرى، خاصة مع الانفتاح على السوق العالمية وتفاقم آثار التغيرات البيئية.

3. الأصناف الهجينة (الحديثة)، السبب الرئيسي لهشاشة النظم الفلاحية

تتكيّف الأصناف الحديثة مع تقنيات الزراعة الناتجة عن الثورات الزراعية، وهي متطلبات أساسية تواجه اليوم انتقاداً حادًّا نظرًا للتهديدات التي يواجهها الأمن الغذائي العالمي. ولا يزال حتى الآن اختيار الأصناف المتكيّفة مع الممارسات الفلاحية المنخفضة التكاليف مهمّشا.

يتضمن النهج الكلاسيكي في الفلاحة الحديثة تحسين خصائص معينة للأنواع (محتوى البروتين في الحبوب)، أو إدخال وظائف جديدة (مقاومة المرض). إنّها إستراتيجية اختزالية تسعى إلى تلبية حاجة محدَّدة عن طريق اختيار جينات معينة. إن مثل هذا النهج غير كاف نظرًا لجميع القيود التي سيتعين على النُظم الفلاحية مواجهتها في سياق الاضطرابات الشديدة (المناخ، ومسببات الأمراض، وتوفر المدخلات، وما إلى ذلك).

وفي سياق الاضطرابات المتعددة التي لا يمكن التنبؤ بها بسبب التغيرات البيئية، فإنّ التجانس الجيني الكبير للصنف هو نقطة ضعف حقيقية. نشير إلى أن بعض الأصناف الحديثة أكثر حساسية لهذه الاضطرابات، حيث ركّزت جهود التكاثر بشكل أساسي على قدرات نموها، على حساب وظائف المقاومة لمختلف التغيرات البيئية.

4. القيمة الغذائية للغذاء، الحالة المنسية في صحة الإنسان

من الناحية النظرية، يجب أن يكون طعامنا قادرًا على تلبية جميع احتياجاتنا الغذائية. ولسوء الحظ، غالبًا ما يتم تغيير طبيعة طعام اليوم من العناصر الغذائية الأساسية من خلال طريقة تحضير الطعام، ولكن أيضًا من خلال طريقة الزراعة والتزويد لأنّ التربة خالية من العناصر الغذائية التي كانت تحتوي عليها. كما أن إنتاج بذور هجينة لها بعض الخصائص المطلوبة يأتي غالبًا على حساب سمات جيدة أخرى تُميّز البذور الأصلية. وعلى سبيل المثال، البذور التي تنمو لتصبح نباتات ذات ثمار أكبر قد تحتوي أيضًا على ثمار ذات طعم أو قوام رديء. وربما لا يكون مذاق الفاكهة الأكبر حجمًا جيّدًا لأنّها تحتوي على الكثير من الماء. في الواقع، الماء الزائد "يخفّف" النكهة، كما قد تحتوي الفاكهة الكبيرة أيضًا على محتوى مُغذّ أقل، والسبب هو أن النبات قد تمّ تربيته لإنتاج ثمار أكبر دون المحافظة على قيمته الغذائية الأصلية.

لقد تدهورت جودة طعامنا على مدى عقود، وما زالت تتدهور في العناصر الغذائية الأساسية. وعلى الرغم من الروابط الواضحة والمعقدة بين الصحة والتغذية والزراعة، فإن تحسين صحة الإنسان بشكل عام ليس هدفاً صريحاً للسياسة الزراعية. والجدير بالذكر أن نقص جودة الزراعة له تداعيات على سوء التغذية والأمراض المزمنة والأمن الغذائي.

من الواضح أن تدهور الجودة ونقص تنوع الأطعمة التي يتم تناولها وانخفاض قيمتها الغذائية قد ارتبط بارتفاع معدّلات السمنة والأمراض المزمنة في العالم. كما أن سوء التغذية في جميع مراحل الحياة يؤدي إلى زيادة القابلية للإصابة بالأمراض المزمنة التي تُعدّ القاتل الأول في العالم.

ويؤدّي استخدام البذور المهجّنة إلى الاستخدام المفرط للمبيدات والأسمدة الكيماوية ممّا يتسبّب في إفقار التربة، ومن ثمّ إلى تلوثها. إن المحاصيل المكثفة التي تعتمد على الأسمدة الكيماوية تؤثر على محتوى التربة: الفوسفات

يستنفد التربة من المغنيسيوم والنترات والنحاس. كما أن الإكثار من البوتاس والأسمدة القابلة للذوبان يفسد طبيعة المحاصيل. وفي هذا السياق، تشير جميع الدراسات إلى أن الأراضي الزراعية قد استنفدت معظم المعادن التي يجب أن تكون موجودة. وهنا نلاحظ أنه يمكن بسهولة تجنب هذه السلسلة من المشاكل باستخدام البذور المحلية.

5. تنوع الأصناف والأنواع، آلية تنظيم استقرار النظم الفلاحية

لكي يضمن النظام الفلاحي استقراره وتوازنه في مواجهة الاضطرابات والتغيرات المختلفة، يجب أن يحتوي في هيكله الداخلي على كمية من المعلومات أكبر من (أو تساوي) تلك التي ترافق الاضطراب، والتي تضمن عودتها إلى التوازن. يفرض ما يسمى بالفلاحة الحديثة هيكلا إيكولوجيا ضعيفا على النُظُم الفلاحية، وبالتالي انخفاض كمية المعلومات الداخلية، بسبب الزراعة الأحادية والضعف الوراثي للأصناف والسلالات المزروعة.

ويرجع هذا الضعف الوراثي للأصناف الهجينة الحديثة إلى ظروف تطويرها (في المخبر). ومن ثمَّ تضطر إلى النمو في النُظم الفلاحية التي تقدم ظروفًا مختلفة تمامًا عن البيئة الطبيعية لأصول هذه الأنواع الهجينة، ممّا يؤدي إلى زيادة مستمرة في تكاليف الإنتاج بسبب ظهور مشاكل تقنية (أمراض، إفقار التربة، انخفاض الإنتاج، إلخ)، أو زيادة استهلاك المدخلات أكثر فأكثر، والعوائد في انخفاض مستمر. وبمفهوم أوسع، فإن عدم التوازن البيئي هو الذي يستقر في النُظم الفلاحية بسبب نقص المعلومات في جينات الأصناف والأجناس في مواجهة خصائص وتغيرات المحيط. ومن وجهة نظر إحصائية، يمكن تقييم هذا الخلل في حساب الطاقة المستهلكة والطاقة التي تنتجها النُظم الفلاحية.

يستهلك النظام الفلاحي الذي يستخدم الأصناف والسلالات الهجينة 3 سعرات حرارية من الطاقة غير المتجددة (البترول والغاز، وما إلى ذلك) لإنتاج سُعرة حرارية غذائية واحدة. بينما يستهلك النظام الزراعي الذي يستخدم الأصناف والأجناس المحلية سُعرة حرارية واحدة من الطاقة لإنتاج 10 إلى 15 سعرة حرارية غذائية. ومن خلال مقارنة النظامين، نرى عجزًا في الطاقة بنسبة 300 % في النُظم الفلاحية المستعملة للأصناف والأنواع الهجينة، بينما هناك زيادة في الطاقة بنسبة 1000 إلى 1500 % للنُظم الفلاحية المستعملة للأصناف والأنواع المحلية.

والسبب الرئيسي لهذا التباين في إنتاجية الطاقة بين هاتين الفئتين من البذور يرجع إلى حقيقة أن البذور المحلية تحتوي في جيناتها على كمية كافية من المعلومات عن البيئة التي تتطور فيها، ممّا يؤدي إلى توازن مثالي مع هذه الأخيرة وإلى انخفاض استهلاك المدخلات والإنتاج المرتفع. وعلى عكس ذلك، لا تحتوي البذور المهجّنة على معلومات كافية في جيناتها، الأمر الذي لا يؤدي فحسب إلى اختلال التوازن في النظام الزراعي، بل يؤدي أيضًا إلى الهشاشة فيما يتعلق بمواجهة التغيرات البيئية الرئيسية.

خاتمة

بشكل عام، تُظهر التجارب الميدانية أن التنوع الجيني العالي والمحلي في النُظم الفلاحية يسمح بتحمُّل أفضل للضغوطات المختلفة، سواءً كان ذلك بسبب الأمراض أو فقر التربة أو بسبب الظروف المناخية غير المواتية، أو التغيرات البيئية الكبرى في الحاضر وفي المستقبل.

من تقرير لمنظمة الأغذية والزراعة العالمية الصادر يوم 3 جوان 2022

استنادا إلى تقديرات إنتاج الحبوب واستخدامها على مستوى العالم، سوف تشهد مخزونات الحبوب في نهاية المواسم في عام 2022، ارتفاعًا إلى أعلى من مستوياتها عند بداية الموسم، وإن كانت ستبقى دون المستوى القياسي المسجل في 2019/2018. وتشير التقديرات إلى أنّ التجارة العالمية بالحبوب في 2022/2021 ستكون دون المستوى القياسي المسجل في 2021/2020، وذلك بشكل رئيسي بسبب التراجع المتوقع في التجارة العالمية بالذرة وبما يعكس أثر الاختلالات الناجمة عن الحرب في أوكرانيا .

وبالنظر إلى موسم 2023/2022، تشير أولى توقعات إنتاج الحبوب في عام 2022 إلى احتمال حدوث تراجع سيكون الأول في غضون أربع سنوات. واستنادًا إلى أحوال المحاصيل الموجودة بالفعل في الميدان والمساحات التي ستتم زراعتها، والتي لم تبدأ بعد عملية البذر فيها، من المتوقع أن ينخفض الإنتاج العالمي من الحبوب إلى 2 784 مليون طنّ (بما في ذلك الأرزّ بالمكافئ المطحون منه)، أي بتراجع قدره 16 مليون طنّ عن الإنتاج القياسي المقدّر لعام 2021. ومن المتوقع أن تسجّل الذرة من بين سائر الحبوب الرئيسية أكبر تراجع، يليها القمح والأرزّ. وفي المقابل، من المتوقع أن تزداد المحاصيل العالمية من الشعير والذرة الرفيعة في عام 2022، فيما سيشكل انتعاشًا جزئيًا قياسًا بالمستوى المنخفض للشعير في عام 2021، وأعلى مستوى لإنتاج الذرة الرفيعة منذ عام 2016.

وتشير التوقعات أيضًا إلى احتمال تراجع الاستخدام العالمي للحبوب في 2023/2022 بنسبة 0.1 في المئة مقارنة بالمستوى المقدر للفترة 2022/2021، ليصل إلى 2 788 مليون طنّ. وسيكون هذا الانكماش المتوقع، وهو الأول منذ عشرين عامًا، بشكل رئيسي نتيجة التراجع المتوقع في استخدام القمح والحبوب الخشنة والأرزّ كعلف، إلى جانب انخفاض أصغر متوقع في الاستخدامات الصناعية، لا سيّما القمح والأرزّ. وفي المقابل، من المتوقع ارتفاع الاستهلاك العالمي للحبوب كأغذية بنفس وتيرة الارتفاع المستمر في عدد سكان العالم .

واستنادًا إلى التوقعات الأولية للمنظمة بشأن الإنتاج العالمي للحبوب في 2022 واستخدامها في 2023/2022، لن يكون محصول الحبوب كافيًا لتلبية الاحتياجات المتوقعة على صعيد الاستخدام، ما سيفضي إلى انكماش بنسبة 0.4 في المئة في المخزونات العالمية للحبوب مقارنة بمستوياتها عند بداية الموسم، وصولاً إلى 847 مليون طنّ. وبالنظر إلى المستويات الحالية للاستخدام وإلى التوقعات الخاصة بالمخزونات، سوف تنخفض المخزونات العالمية للحبوب إلى الاستخدام من 30.5 في المئة في الموسم 2022/2021 إلى 29.6 في المئة في 2023/2022 وهو أدنى مستوى منذ 2014/2013، وإن كان لا يزال أعلى بكثير من أدنى مستوى قياسي له وقدره 21.4 في المئة خلال الموسم 2008/2007. ومن المتوقع أن يكون انخفاض قوائم جرد الذرة الأكبر من بين سائر أنواع الحبوب الرئيسية. ومن المتوقع أيضًا أن تتراجع مخزونات الشعير والأرزّ في مقابل ارتفاع مخزونات القمح والذرة الرفيعة على الأرجح.

دورة القارات العظمى و"رقصة" القارات الصغرى عبر الأزمنة الجيولوجية

زوهير عجريد[1]، إكرام زيدي[2]، أسماء طالبي[2]، هاجر سعداوي[2]
[1]أستاذ بقسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
[2]طالبة سنة خامسة (تخرّج) بقسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
zouhir.adjerid@g.ens-kouba.dz

مقدمــة

القارات العظمى (Supercontinents) هي قارات عملاقة تشمل معظم (75٪ على الأقل) أو كل القارات التي كانت متواجدة خلال مرحلة تَشكُّلها. وقد اقترح الألماني ألفريد فيجنر Alfred Wegner (1880–1930) صاحب نظرية انجراف القارات، عبر منشوره الشهير عام 1915 أصل القارات والمحيطات " Die Entstehung der Kontinente und Ozeane"، أنَّ قارات الأرض الحالية شهدت فترة التحام كلي قبل 200 مليون سنة (انظر الشكل)، عند الحدّ الفاصل بين حقبتي الباليو-ميزوزوي، ثم انفصلت وانجرفت تدريجيًا. وتوصَّل فيجنر إلى هذا الاقتراح بالاعتماد على شواهد مثل التطابق الوثيق بين السواحل المتقابلة للقارات الحالية، والمدى الإقليمي الشاسع لتواجد بعض المستحثات المتشابهة، وكذا التجمّد المتزامن المسجّل في العديد من قارات نصف الكرة الجنوبي.

لم تحظ فكرة تجمّع كل الأراضي ضمن القارة العملاقة (Urkontinent) المعروفة بـ"**البانجيا**" (Pangea) الاستحسان والدعم الكامل من قِبل معارضي فيجنر الذين اعتبروه متطفّلاً على هذا التخصص باعتباره مختصًّا في الطقس والمناخ. ورُفضت فكرته كليًّا حتى انقضاء الحرب العالمية الثانية حيث عادت الفكرة إلى الواجهة إثر تطوّر تخصّصات علمية جديدة، مثل المسح الجيوفيزيائي والمغنطة والجيوكيمياء، فأثبتت صحّة فرضية فيجنر التي كانت قد بُنيت على أساس الملاحظة فقط.

انطلق بعدها بحث الجيولوجيين عن إمكانية تواجد قارات عملاقة أخرى أُعتُقد أنها قد تشكّلت في حقب يفوق عمرها زمن بانجيا حوالي مليون سنة (نكتب ~Myr-250).

1. دورة القـارات العظـــمى ونشأة السلاسل الجبلية الحديثة

يُمثّل تحديد القارات العظمى تحدّيًا كبيرا، فمن الضروري إثبات وجودها بربط علاقة بينها وبين الكتل القارية الحالية التي من المفترض أنه قد تمّت إزاحتها وتحويلها عن مواقعها الأصلية في حالة ما إذا كان قد تمّ دمجها في كتل سابقة.

تتيح المغناطيسية القديمة أحيانًا العثور على الموقع الجغرافي للصخور الممغنطة، وبالتالي إعادة بناء حركات الكتل القارية أثناء تكوين قارة عظمى ابتداءً من كتل صغيرة (تخصص الباليوجغرافيا أو الجغرافيا القديمة).

يولّد الاصطدام المتتالي الناجم عن عمليات تقارب والتحام القارات دورات بانية للجبال، ومن ثمّ تشكّل سلاسل جبلية مكوّنة من صخور متحوّلة، وأخرى نارية جديدة. فلقد نتج عن تكوّن البانجيا على سبيل المثال، نشأة السلسلة الفاريسكية (Variscan)، المعروفة أيضا باسم السلسلة الهرسينية (Hercynian) التي تشمل مثلا سلسلة الأوغرطة بالجنوب الجزائري وجبال الأورال (The Urals) والأبلاش (The Appalachians).

وانطلاقا من كل هذه الاستنتاجات، وبناءً على مجموعة من المبادئ الجيولوجية الأخرى، اقترح ستانلي رونكورن (Stanley Runcorn) في أوائل الستينيات (1962، 1965) احتمال تواجد عدد من القارات العظمى في 2.6 مليار سنة (Gyr -2.6)، 1.8 مليار سنة (Gyr -1.8)، 1.1 مليار سنة (Gyr -1.1)، 200 مليون سنة (Myr -200).

لقد مكّنت الدراسات اللاحقة التي أصبحت متعدّدة التخصّصات (علم الصخور، الجيوكيمياء، الجيوكرونولوجيا المطلقة بواسطة العناصر المشعّة، المغناطيسية القديمة، علم الرسوبيات والتكتونية) من تحديد التواجد الدقيق لثلاث قارات عظمى قديمة على الأقل هي:

- بانجيا (منذ 250 مليون سنة Myr -250)،
- رودينيا (منذ حوالي 1100 مليون سنة ~Myr -1100)،
- كولومبيا (منذ حوالي 1800 مليون سنة ~Myr -1800).

وكان موقع كل واحدة من هذه القارات مختلفًا عن سابقاتها.

وفي الثمانينيات من القرن الماضي، تمّ اقتراح فرضية الدورات في تكوين القارات العظمى، فكل 750 ± Myr100 تقريبًا، تُدمج القارات الصغرى لتُشكّل قارة عظمى، والتي من شأنها أن تتفكّك مرة أخرى وتتّحد أشلاؤها من جديد خلال الدورة اللاحقة من تَشكُّل قارة عظمى حديثة. أُطلق على هذه الدورات اسم دورة ويلسون التي سمّيت على اسم توزو ويلسون (Tuzo Wilson)، الباحث الذي ساهم بشكل كبير في تثبيت نظرية الصفائح التكتونية، وزحزحة القارات التي تفترض تنقّل هذه الأخيرة من موقع إلى آخر في حركات شبيهة بإيقاع ورقصة الفالس (Waltz). كما تقترح هذه الفرضية أيضا أن تظل قارة عملاقة مثل البانجيا ثابتة فوق معطف الأرض ومحاطة بمناطق تقارب واندساس.

وباعتبار أن صخور القشرة القارية ناقل سيئ للحرارة مقارنة بمثيلتها المحيطية فإن القارة العظمى تعمل كصفيحة عازلة. ذلك ما يتسبّب في تراكم الحرارة أسفلها فتتمدّد صخور المعطف وتنخفض كثافتها، ومن ثمّ تَدفع وتَرفع القارة شاقوليًا. ينتج عن القوى الرافعة تَشكُّل فوالق وتصدّع القشرة الأرضية الصلبة بعد تعرية تضاريسها. وتساهم هذه العملية مع مرور الزمن في تَفكُّك الكتلة القارية كليا، فتنفصل القطع المتجزئة عن الكتلة الرئيسية وتتسرّب الطاقة التي كانت متجمّعة أسفلها وتنتشر عبر القشرة المحيطية قيد التشكل والتطوّر.

تُعتبر القارة الإفريقية حاليًا مثالاً لعملية من هذا النوع. فمنذ بداية انشطارها، انتقلت شبه الجزيرة العربية إلى الشمال الشرقي، وكذا كل الأجزاء المتواجدة شرق الصدع الرئيسي، الذي يتطوّر في الوقت الراهن مُشكِّلاً ما يعرف بالريفت الإفريقي، والذي ستتحوّل بعض أجزائه تدريجيا إلى بحار ومحيطات مع تقدّم عمره، كما هو الحال بالنسبة للبحر الأحمر.

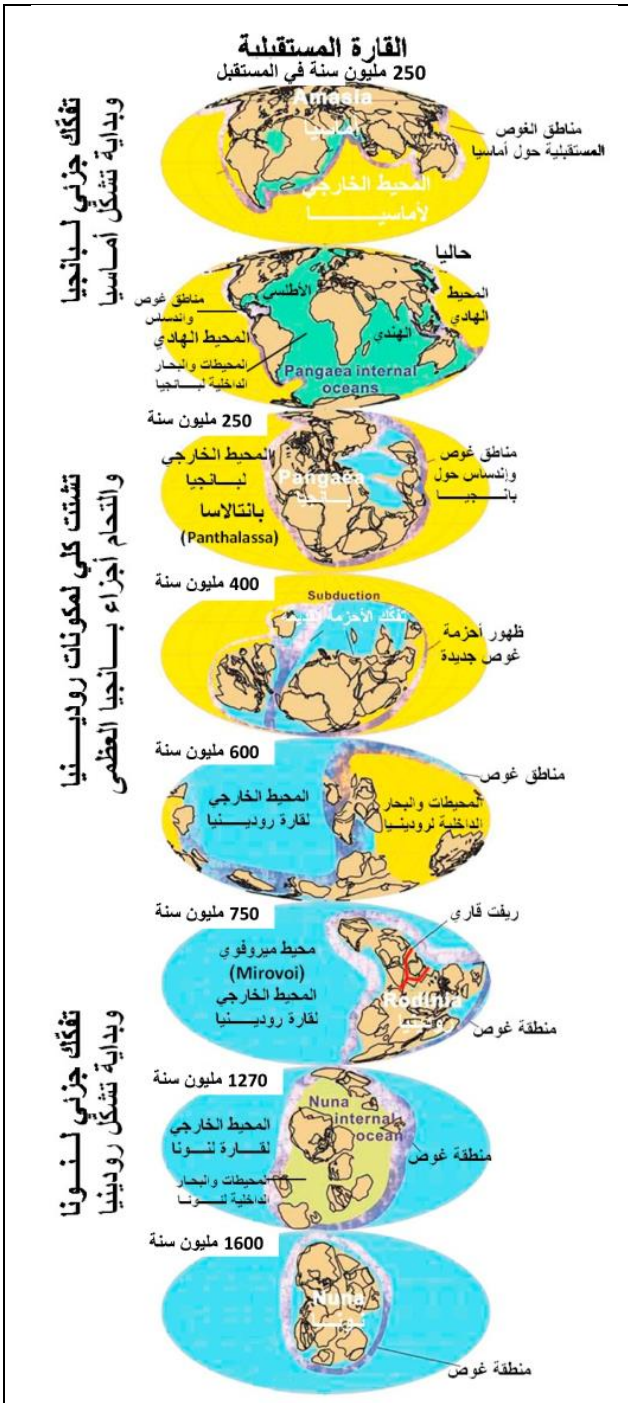
مع تقدّم عمر الليتوسفير المحيطي، ستنشأ مناطق تقارب وغوص (Subduction) جديدة نتيجة تبرّده وتزايد حمولته الرسوبية، خاصة على حدود الكتل القارية. فتصبح هذه الحواف نشطة تكتونيًا بعدما كانت خاملة في وقت سابق، كما هو الحال بالنسبة لحافتي المحيط الأطلسي أو الأطلنطي في الوقت الراهن، اللتين ستصبحان نشطتين تكتونيًا (مناطق زلزالية وبركانية)، عندما تعكس حركة الصفائح الحالية وتنطلق عملية تقارب الصفائح حتى تمكّن من تشكّل قارة عظمى مستقبلية جديدة.

يُظهر الشكل التطوّر الزمكاني لمواقع قارات الأرض منذ 1600- مليون سنة الذي يتوافق مع تشكل قارة نونا (Nuna) أو كلومبيا، ووصولا إلى +250 مليون سنة، فترة تشكّل القارة المستقبلية أماسيا (Amasia). سيناريو إعادة البناء الباليوجغرافي وموقع القارات مقتبس من مجموعة من الأعمال الخاصة بـ:

Evans & Mitchell (2011);
Li *et al.* (2008, 2019);
Li & Powell (2001);
Mitchell *et al.*, 2012);
Zhang *et al.* (2012).

نلاحظ أن كل قارة عظمى ظهرت للوجود كانت تحوي مجال ضيّق خاص بتطوّر البحار والمحيطات الداخلية، يليها حزام او حلقة متواصلة من مناطق الغوص والاندساس وفي النهاية مجال خارجي شاسع خاص بتطوّر محيط عملاق يحيط بجميع نواحي القارة العظمى.

نذكر على سبيل المثال محيطي الأطلسي والهندي اللذين نشآ عن تشتّت بانجيا، فحزام أو حلقة النار الذي يمثّل مناطق الغوص الحالية والمحيط الهادي (أكبر محيطات الأرض في الوقت الحالي) الذي يعتبر المحيط الخارجي الموروث عن محيط بانتالاسا (Panthalassa) الباليوزوي.



2. مولد القارات العظمى

1.2. قارات ما قبل الكمبري

تفيد الدراسات الحديثة بتواجد ثلاث قارات عظمى على الأقل، خلال دهر الحياة الخفية (ما قبل الكمبري)، أي التي سبقت بانجيا، والتي تشكّلت وتجزأت وفق الميكانيزمات ذاتها المعروفة حاليا. تُعرف هذه التجمعات القارية بـ:

أ. **كولومبيا (Columbia)**: المعروفة أيضًا بنونا (Nuna)، تواجدت بين 1.8- و 1.5-Gyr (مليار سنة) نتيجة عملية تقارب طويلة امتدّت من 2.2 إلى 1.8 مليار سنة (انظر الشكل). وخضعت القارة بعدها لنمو طيلة 500 مليون سنة.

وتُبيّن معطيات المغناطيسية القديمة أن الساحل الشرقي للهند كان مرتبطًا بغرب أمريكا الشمالية خلال هذه الفترة، بينما كان جنوب أستراليا في اتصال بغرب كندا. وكانت حدود البرازيل الغربية في نفس محور أمريكا الشمالية مُشكلةً حافة قارية متواصلة حتى الساحل الجنوبي للدول الاسكندينافية.

لقد شملت أراضي كولومبيا أيضا رواسخ غرب إفريقيا التي التحمت مع دروع أمريكا الجنوبية خلال دورات الترانسامازون (Transamazonian) والإيبرني (Eburnean) بين 2.1 و 2.0-Gyr، ورواسخ الكابفال (Kaapval) مع راسخ زيمبابوي (Zimbabwe) بواسطة حزام ليمبوبو (Limpopo) في 2.0-Gyr. كما اكتمل التواصل بين رواسخ أمريكا الشمالية في الفترة الممتدة من 1.9 إلى 1.8- Gyr، نتيجة لحدوث سلسلة أخرى من الدورات البانية للجبال. وانضمّ أيضا إلى عملية البناء كلٌّ من دروع قارة بالطيقا الأولية (Paleo-Baltica) ورواسخ الأنبار (Anabar) والألدان (Aldan) بسيبيريا. وانتهى بناء كولومبيا بالتحاق الجزء الشرقي للقارة القطبية الجنوبية وشمال وجنوب الهند وشرق وغرب راسخ الصين الشمالي في 1.85- Gyr.

وانطلقت عملية تفكّك كولومبيا في ~1.6- Gyr،بظهور تصدّعات وتشكّل ريفت قاري بدءًا من الحافة الغربية لرولونسيا (Laurentia)، حتى اختفاء القارة تماما في 1.2- Gyr. وتمّت رسكلة معظم أجزائها من قِبل رودينيا التي ظهرت للوجود 500 مليون سنة بعد هذا الحدث.

ب. **رودينيا أو رودينا (Rodinia-Rodina)** (من روديت الروسية، التي تعنى موطن أو مكان الميلاد): التحمت معظم أجزائها بين 1.1- و 0.9- Gyr (انظر الشكل). وتشكّلت رودينيا خلال دورة جرينفيل البانية للجبال (Grenville Event) في ~1100-Myr، وظلت مستقرة حتى ارتطامها مع راسخ الكونغو (بين 800- و 750- Myr). وقد أدّى هذا التقارب إلى غلق الجزء الجنوبي من مضيق موزمبيق البحري، ومن ثمّ تسبّب في انطلاق تفكّك رودينيا (من 750- إلى 633- Myr).

افتتح في الوقت ذاته محيط بانتالاسا (Panthalassa) الذي قسّم رودينيا العملاقة إلى جزء شمالي يضمُّ شرق جندوانا، وكاثياسيا وسيميريا (Gondwana, Cathyasia, Cimmeria)، وجزء جنوبي جمع لورانسيا، وأمازونيا-شمال غرب إفريقيا، وبلطيقا، وسيبيريا (Laurentia, Amazonia-NW Africa, Baltica, Siberia).

تُظهر معظم عمليات إعادة البناء أن قلب رودينيا كان مُمثَّلاً براسخ أمريكا الشمالية (آخر معقل له كان في لورانسيا القديمة)، وكان يحيط به درع شرق أوروبا من الجنوب الشرقي (الذي شكّل آخر موقع له قارة بالطيقا القديمة) ودرع الأمازون (أمازونيا) ودرع غرب إفريقيا. بينما كان يتواجد راسخ هضبة ريبو (Río de la Plata) وساو فرانسيسكو (São Francisco) من الجهة الجنوبية، ودرعا الكونغو وكالاهاري بالجنوب الغربي. وكانت تُشكّل رواسخ أستراليا والهند وشرق أنتاركتيكا الحافَّة الشمالية الشرقية لهذه القارة.

على مدى الـ 150 مليون سنة الموالية، استدار شمال روديينيا عكس اتجاه عقارب الساعة على مستوى القطب الشمالي، بينما استدار جنوبها في اتجاه عقارب الساعة على مستوى القطب الجنوبي. وفي أواخر ما قبل الكمبري (من 650 إلى 550- Myr)، التحم التكتّل الثلاثي المشكّل من شمال وجنوب رودينا وراسخ الكونغو الحالي مشكّلا قارة بانوسيا العملاقة.

ج. **بانوسيا (Pannotia) أو جندوانا الأولية (Gondwana land):** تعني كل الأرض الجنوبية وتشكّلت في أواخر النيوبروتيروزوي (انظر الشكل). وتُعرف بانوسيا أيضا باسم القارة البانافريقية العملاقة، وكذلك بجندوانالاند العظمى (Greater Gondwanaland) بسبب تواجد القارة الباليوزوية العملاقة جوندوانا (Gondwana) التي كانت تحوي إفريقيا بقلبها، بينما كانت تحيط بها بقية الكتل الاخرى (شبه الجزيرة العربية، مدغشقر، الهند، انتاراكتيكا، استراليا، جنوب أمريكا).

وقد تم تجمّع بانوسيا (أو الجندوانا الأولية) عندما حوصرت شبه القارة الكونغولية بين الجزأين الشمالي والجنوبي للقارة المندثرة 'رودينيا'. وأُطلق على هذه السلسلة من التجمعات مصطلح الحدث البانافريقي الذي انطلق في ~750- Myr وبلغ ذروته ما بين 640-و 610- Myr.

وعلى عكس رودينيا التي استقرت خلال فترة زمنية طويلة (~300 مليون سنة)، فإن بانوسيا لم تعمّر طويلا. فمباشرة بعد التحام أجزائها بين 650- و500- Myr خلال الدورة البنافريقية البانية لعموم إفريقيا (ومن بينها درع الأهقار-الجزائر)، انطلقت عمليات انشطارها نتيجة فتح محيط الإيابيتوس (Iapetus Ocean) وبحر تورنكويست (TornquistSea)، اللذين تسبّبا في انفصال قارات لورانسيا وبالطيقا الباليوزوية، وتبعتها سيبيريا في أوائل العصر الكمبري حيث اكتمل تجزّؤ بانوسيا إلى أربع قارات هي:

- لورانسيا (أمريكا الشمالية)،
- بالطيقا (شمال أوروبا)،
- سيبيريا،
- جندوانا الباليوزوي (إفريقيا، أمريكا الجنوبية، القارة القطبية الجنوبية، أستراليا، الهند).

تواصلت عمليات التشتّت والتباعد خلال الأردوفيسي فانفصلت الأجزاء الافالونو-كادومية، وتبعتها كتل الكاثايسان خلال الباليوزوي الأوسط، ومجموع أقاليم السيميري (Cimmerian) التي هاجرت شمالًا نحو محيط التيتيس (Tethys) عند نهاية الباليوزوي.

ويُعتقد أن اندماج وتفكّك بانوسيا كان وراء أهم أسباب "انفجار الحياة خلال الكمبري".

2.2. قـــارات الـــفانـــيروزوي

تُعدُّ **البانجيا** آخر قارة عظمى تشكّلت خلال دهر الحياة الظاهرة (~300- Myr)، على أنقاض بانوسيا ورودينيا كما تقترحه نظرية "دورات القارات العظمى". وتُعتبر مرحلة انشطار بانجيا، التي انطلقت منذ الترياس (Trias) بفتح المحيط الأطلسي، أولى مراحل الالتحام القادم الذي سينشأ عنه تشكل قارة عظمى جديدة! (أماسيا-Amasia، أوريكا-Aurica أو بانجيا الجديدة-Novo Pangea) التي سيكتمل نُموها في غضون 200 إلى 250 مليون سنة القادمة، والتي بدأت تظهر معالمها في الوقت الحالي (انظر الشكل).

مراجـــع

1. Evans, D.A.D., Mitchell, R.N. (2011). Assembly and breakup of the core of Paleoproterozoic-Mesoproterozoic supercontinent Nuna. Geology 39.

2. Li, Z.X., Evans, D.A.D. (2011). Late Neoproterozoic 40° intraplate rotation within Australia allows for a tighter-fitting and longer-lasting Rodinia. Geology 39.

3. Li, Z.X., *et al.* (2019). Decoding Earth's rhythms: modulation of supercontinent cyclesby longer superocean episodes. Precambrian Research, 323.

4. Li, Z.X., Powell, C.M. (2001). An outline of the palaeogeographic evolution of the Australasian region since the beginning of the Neoproterozoic. Earth Sci. Rev. 53.

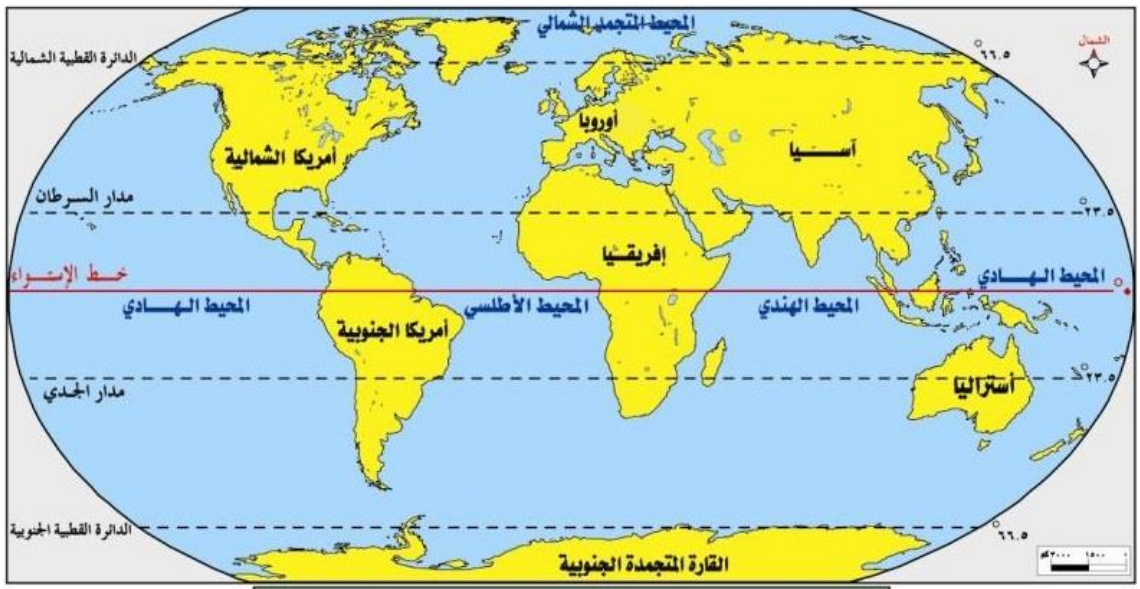
5. Li, Z.X., *et al.* (2008). Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: a synthesis. Precambrian Res. 160.

6. Runcorn, S.K. (1962). Convection currents in the Earth's mantle. Nature 195,1248-1249.

7. Runcorn, S.K. (1965). Changes in the convection pattern in the Earth's mantle andcontinental drift: evidence for a cold origin of the Earth. Philosophical Transactionsof the Royal Society of London A 258.

8. Wegener, A. (1915). Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig (English translation of third edition by JGA Skerl, 1924: New York, EP Dutton and Company).

9. Wilson, J.T. (1966). Did the Atlantic Close and then Re-Open? Nature 211 (5050).



توزيع اليابس والماء على سطح الأرض

شخصية العدد

شخصية العدد

الأستاذ صالح نصر

المدير العام لقصر العلوم بالمنستير (تونس)

السيد صالح نصر من مواليد تونس عام 1960، تخصّص في الالكترونيات ونال شهاداته الجامعية الأولى من تونس، ثم واصل دراسته سنة 1986 في جامعة لوهافر Le Havre الفرنسية حيث تحصّل عام 1990 على شهادة الدكتوراه في الفيزياء. ومن ثمّ التحق بكلية العلوم في جامعة المنستير عام 1991 كمعيد حتى أصبح أستاذا محاضرا في جامعة صفاقس عام 2001، ثم أستاذا للتعليم العالي بجامعة المنستير عام 2006.

أما في مجال البحث العلمي، فقد طوّر الأستاذ صالح نصر تقنية أصيلة لإثارة ما يعرف بموجة شولت Scholte. وتمكن من توظيف وتطبيق خصائص هذه الموجة بصفة خاصة في ميدان المراقبة غير المتلِفة للمواد. وبعد ذلك، تركّزت أبحاثه على فيزياء السوائل والمحاليل المائية، وخاصة الدراسات الهيكلية والديناميكية للسوائل المرتبطة بما يسمى رابطة الحياة، أي الرابطة الهيدروجينية وتطبيقاتها البيولوجية. كما اهتم بإعادة البناء النظري لأطياف الأشعة تحت الحمراء للمواد السائلة المرتبطة بهذه الروابط الهيدروجينية.

وفي هذا السياق، أشرف الأستاذ نصر على عدد من طلبة الدراسات المعمقة وطلبة الدكتوراه في الفيزياء والطب. ولم يتوقف النشاط العلمي لصالح نصر عند هذا الحد، بل نجده عضوا في عديد اللجان والهيئات البيداغوجية والأكاديمية، مثل تلك التي انكبت على إصلاح التعليم العالي والجمعية التونسية للفيزياء واللجنة القطاعية للفيزياء وهذا لعدة سنوات. وكان عضوا في المجلس الأعلى للاتحاد العربي لعلوم الفضاء والفلك، وعضوا فاعلا في الهيئة المديرة لرابطة المراكز العلمية لشمال إفريقيا والشرق الأوسط. كما ترأس جمعية "جامعة ومحيط".

وفي مجال نشر البحوث الأكاديمية يظهر اسم صالح نصر مدوّنا في أزيد من 40 بحثا صادرة في مجلات فيزيائية عالمية. وبطبيعة المهنة، فقد شارك صالح نصر في عديد الملتقيات والمؤتمرات العلمية داخل تونس وخارجها خلال مشواره المهني بدءا من 2001.

وفي باب التعاون الدولي، أدى الأستاذ صالح نصر دورا بارزا في إبرام عدد من الاتفاقيات العلمية مع جامعات وهيئات علمية في فرنسا وكندا وسويسرا. وأبرز ما يميّز نشاطات صالح نصر منذ تولّيه إدارة قصر العلوم بالمنستير

–كمدير عام- هو تركيزه على نشر الثقافة العلمية في جميع المستويات التعليمية. فبالإضافة إلى ما تتطلّبه إدارة الهيئة من تسيير ومبادرات لإعداد التظاهرات العلمية والتجمّعات التي من شأنها نشر هذا النوع من الثقافة، يشرف صالح نصر على مجموعة من النشرات العلمية المُعَدَّة بمعية فريق قصر العلوم للتعريف بأنشطة المؤسسة ونشر الثقافة العلمية بين الشباب. كما يترأس سنويا "مهرجان العلوم" الدولي الذي ينظمه قصر العلوم منذ عام 2014. وفوق كل هذا، لم ينقطع صالح نصر عن مواصلة اعماله في حقل البحث العلمي والإشراف على طلبة الدكتوراه.

لكل ذلك، ارتأينا أن نُعرّف قارئ مجلة **بشائر العلوم** بمؤسسة "قصر العلوم" (بالمنستير) وبنشاطاتها المختلفة وبمديرها العام، الأستاذ صالح نصر، باعتباره شخصية هذا العدد.

10 أسئلة يجيب عنها الأستاذ صالح نصر

المدير العام لقصر العلوم بالمنستير (تونس)

السؤال الأول: ستدور الأسئلة حول مختلف نشاطات قصر العلوم بالمنستير. في البداية، هل لكم أن توضحوا لنا من كان وراء إنشاء هذه المؤسسة، ومتى؟ ولماذا أسست في مدينة المنستير بالذات؟ وهل توجد مؤسسات من هذا القبيل في مدن تونسية أخرى؟

في الحقيقة، كان إنشاء قصر العلوم بالمنستير بقرار من رئيس الجمهورية الراحل زين العابدين بن علي تلبية لرغبة عديد الهياكل والمؤسسات بولاية المنستير التي سعت إلى حسن استغلال ما كان يُعرف سابقا بقصر المؤتمرات وتحويله إلى قصر العلوم على غرار المؤسسة الأولى تاريخيا بالبلاد، ونعني بها مدينة العلوم بتونس العاصمة.

السؤال الثاني: سطر قصر العلوم 7 أهداف منها "المساهمة في تنمية المعرفة ونشرها"، و"إحداث حلقات تواصل بين المؤسسات الجامعية ومكونات النسيج الاقتصادي والاجتماعي". فماذا تحقق من هذين الهدفين؟

يعتبر العمل على تنمية المعرفة ونشرها داخل أي مجتمع من الشروط الضرورية لتحقيق تنمية مستدامة له. ففكرة التنمية المستدامة بأهدافها السبعة عشر التي أقرّتها الأمم المتحدة في سبتمبر 2015 -من أجل العمل على تحقيقها على مشارف 2030- ظهرت بعد عامين تقريبا من المفاوضات مع الحكومات ومع المجتمع المدني. هذا يعني مثلا أنك إذا أردت بلوغ تعليم جيد أو طاقة نظيفة أو مدن ومجتمعات محلية مستدامة فلا بد أن ينخرط معك المجتمع بمنظماته وهيئاته في العمل لتحقيق هذه الأهداف. ويقتضي ذلك تحسيس مختلف شرائح المجتمع بالمعلومة الضرورية وبالمبادرة المزمع اطلاقها...

وهذا ما نقوم به بصفة دورية من خلال عديد الفعاليات، كبرنامج المحاضرات العلمية الموجهة للعموم التي ندعو فيها المختصين والباحثين والخبراء لمعالجة مواضيع مختلفة بطريقة مبسطة وجذابة من أجل بناء ونشر ثقافة علمية داخل المجتمع. ويمكن أن يتم ذلك أيضا من خلال تنظيم أيام وملتقيات علمية خاصة بالتعاون والشراكة مع

عديد الهيئات وفي مجالات متعددة كالتربية والتعليم والصحة والفلاحة والمناخ وغيرها. وهكذا يؤدي قصر العلوم دورا هاما في تجذير العلاقة بين المؤسسات الجامعية ومكونات النسيج الاقتصادي والاجتماعي ويساهم في مزيد من انفتاح المؤسسة الجامعية على محيطها الخارجي.

السؤال الثالث: وماذا عن بقية أهداف مؤسستكم؟ أي منها تحقق بنسبة أكبر؟

تعمل المؤسسة على بلوغ جملة الأهداف التي أنشئت من أجلها مع العمل المستمر على جعل هذه الأهداف متحركة ومتطورة وتساير الأدوار المتقدمة التي أصبحت تتكفّل بها المراكز العلمية المماثلة عالميا، وتأخذ بعين الاعتبار التطورات التكنولوجية وانعكاساتها المتعددة في جملة من الميادين.

ويعتبر الهدف المتعلق بإيقاظ تطلعات المواطنين الفكرية واستقطاب الشباب المتعلم وحسن استغلال الفضاءات التي نعمل باستمرار على تطويرها لتحفيز الناشئة على الإبداع والابتكار من أهم الأهداف التي قطعت فيها المؤسسة أشواطا متقدمة وذلك من خلال عديد الأنشطة والبرامج التي توفرها المؤسسة، كالنوادي العلمية، والدورات التكوينية، والملتقيات والمعارض العلمية وغيرها. ولعل برنامج "العلوم القارة" الذي يستمر طيلة السنة الدراسية من أبرز البرامج لبلوغ هذا الهدف، حيث تنظم المؤسسة ما لا يقل عن ثماني زيارات أسبوعيا ذهابا وإيابا لقرابة 30 تلميذا في كل زيارة من مدارس وإعداديات (تكميليات) ومعاهد من ولايتي المنستير وسوسة؛ وهذا بالتنسيق مع المندوبيات الجهوية للتربية. ويعمل مشرفون علميون متحمسون ومحبون لعملهم على تقديم ورشات علمية متنوّعة تفاعلية وتشاركية لفائدة هؤلاء التلاميذ فتفتح آفاقهم وتغذي رصيدهم العلمي والثقافي.

السؤال الرابع: كيف تتم الخرجات الميدانية التي تنظمها المؤسسة لنشر الثقافة العلمية؟ هل تتطلب إمكانيات مادية كبيرة؟

يجب توضيح أولا أنّ قصر العلوم بالمنستير معنيٌ ببلوغ الأهداف المشار إليها لا في منطقة المنستير حيث يوجد مقره فحسب، بل على المستوى الوطني بكامله.

ومن هذا المنطلق، تنظم المؤسسة خرجات ميدانية لتعميم نشر الثقافة العلمية داخل المجتمع بصفة عامة، وكذلك لمزيد الإحاطة بالناشئة داخل المؤسسات التعليمية وخارجها لتنمية الرغبة لديهم في الإقبال على العلوم والرفع من هممهم وتحفيزهم وتشجيعهم على الإبداع والابتكار. وفي هذا الإطار يندرج برنامج "العلوم المتنقلة" الذي يدخل هذه السنة دورته الرابعة في زيارة مختلف ولايات البلاد حيث تتم برمجة كل سنة زيارة من 5 إلى 7 ولايات نائية، وذلك بالتنسيق مع المندوبيات الجهوية للتربية، فتحدد المؤسسات التي ستستفيد من تلك الزيارات خلال أسبوع كامل.

وبطبيعة الحال، فهذا العمل يتطلب إعدادا لوجستيا خاصا بدءًا من الحرص على توفير ظروف الإقامة الطيبة لفريق العمل وسلامة المعدات العلمية (حواسيب، تلسكوبات، مناظير، نظارات ثلاثية الأبعاد، قبة فلكية متنقلة ...)، ويحرص الفريق العلمي على حسن استعمالها وتوظيفها لتقديم ورشات وعروض علمية في مجالات عديدة كالرياضيات، علوم الأحياء، علوم الفلك، الفيزياء...

لقد مكنت هذه المبادرة الميدانية من إيصال رسالة قصر العلوم بالمنستير إلى مختلف المناطق الجغرافية بالبلاد من جهة؛ ومن جهة أخرى، حسّست بدور المراكز العلمية في مرافقة المنظومة التربوية وتجويدها. كما أبرزت مدى شغف وتفاعل التلاميذ مع ما يُقدم لهم من ورشات وبرامج نوعية. وليس هذا فحسب بل حسّست أيضا المعلمين والأساتذة نظرا للورشات والعروض المقدمة التي جمعت بين المتعة والإفادة. ويساهم هذا النشاط الكثير من المدرّسين

في تقديم دروسهم النظرية. كما تتم هذه الزيارات أيضا بطلب من الهياكل الشبابية والثقافية في مختلف المناطق بتونس.

السؤال الخامس: لاحظت أنكم تهتمون أيضا في قصر العلوم بمحور التعليم واصلاحاته وما يدل على ذلك أنكم تنظمون الندوات والمؤتمرات الدولية، مثل مؤتمر "تحديات التعليم في العالم العربي آفاق الإصلاح" الذي أقيم يومي 17-18 ماي الجاري في قصر العلوم وشاركت فيه عدة دول منها الجزائر. كيف تربطون مهام قصر العلوم بالتعليم وإصلاحه؟

لقد تطوّر كثيرا دور مراكز ومتاحف العلوم على المستوى العالمي حتى أصبحت بعض البلدان تعتبرها عنصرا طبيعيا داخل منظومتها التربوية، يعاضدها ويجوّدها ويرفع من مردوديتها. وذلك بفضل ما تخلقه هذه المراكز من فضاءات وبرامج خاصة تنمّي جملة من المهارات العلمية والحياتية الضرورية لمهن المستقبل. ففي هذه المراكز يعمل المشرفون على تنمية حب الملاحظة لدى الزائر، يفتحون له مجال التفاعل بين المعلم والمتعلم، ويشجعون على التفكير النقدي والعمل الجماعي ويحفزونه على البحث والابتكار. وبذلك تُمكّن هذه المراكز الشباب تدريجيا من بناء مهارات وكفاءات متقاطعة، وتُعوّده على معالجة وضعيات مترابطة ومتداخلة بعيدا عن أسلوب التلقين الممل والمناهج العمودية الجافة.

ومن ثمّ تساهم المراكز في إعداد جيل من خريجي الجامعة قادر على حل المشاكل داخل سوق عمل شديد التحوّل والتطور. وهكذا فإن مراكز ومتاحف العلوم معنية بالمساهمة في معاضدة المنظومة التربوية والعمل على الرفع من مستوى برامجها ومردوديتها. وفي هذا الإطار يندرج المؤتمر العلمي الأخير "تحديات التعليم في العالم العربي وآفاق الإصلاح" الذي شهد مشاركة 7 دول عربية إضافة إلى تونس، وقُدمت خلاله 24 ورقة علمية. وستعرض قريبا المخرجات والتوصيات التي خلص إليها المؤتمرون في هذا اللقاء. وسنعمل على مدّ الجهات المعنية بها من أجل المساهمة في مراجعة وتطوير الأنظمة التعليمية العربية.

السؤال السادس: يبدو أن علاقات مختلفة و اتفاقيات تربطكم بمؤسسات أخرى داخل تونس وخارجها. ما مدى استفادة قصر العلوم من هذه العلاقات؟

بطبيعة الحال، في إطار المهمة المنوطة بقصر العلوم بالمنستير وسعيا لتحقيق بعض الأهداف التي ورد ذكرها، تعمل المؤسسة على بناء علاقات تعاون مع عديد الهياكل والمؤسسات وطنيا، عربيا ودوليا. وفي هذا المجال أبرمت المؤسسة عديد الاتفاقيات الإطارية للتعاون مع بعض مراكز البحث العلمي التابعة للوزارات الأربع : وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، وزارة التربية، وزارة الشباب والرياضة، وزارة الثقافة، وغيرها. وهذا فضلا عن عديد الجمعيات العلمية داخل المجتمع المدني وذلك لتحقيق، على الأقل، هدفين أساسين، أولهما: الاستفادة من كل مصادر المعرفة العلمية المتاحة والعمل على نشرها على أوسع نطاق داخل المجتمع، وثانيهما هو تشبيك علاقات التعاون والتكامل بين هذه الأطراف، وكذا بينها وبين المجتمع، وهو ما أكدنا عليه سابقا باعتبار ذلك شرطا ضروريا لتحقيق تنمية حقيقية ومستدامة داخل المجتمع.

من ناحية أخرى، تربط قصر العلوم بالمنستير علاقات تعاون أيضا مع عديد المراكز العلمية في العالم نعمل على استثمارها من أجل تنظيم وإنجاز بعض الأنشطة بالشراكة، وكذلك للاستفادة منها في برنامج تكوين إطارات وكفاءات المؤسسة بما يمكّنهم من تطوير مهاراتهم وأدائهم ومواكبة التطورات في البرامج والأداء داخل هذه المراكز.

السؤال 7: حسب علمنا، ليس هناك الكثير من الدول العربية التي أنشأت مثل مؤسسة قصر العلوم وبتلك المهام... ومن ثمّ تكاد تكون تجربة التونسية الوحيدة عربيًا. كيف يمكن أن تستفيد البلاد العربية من تجربتكم؟

تتزايد أهمية مراكز ومتاحف العلوم على المستوى العالمي، ويتجلى ذلك يوما بعد يوم في السعي إلى تعميمها في مختلف جهات البلدان المتقدمة وفي الأدوار المتقدمة التي توكل لها حتى أنّ أكبر المنظمات العالمية كمنظمة الأمم المتحدة للتربية والثقافة والعلوم خصصت إحدى مناسبات إحيائها لليوم العالمي للعلوم في خدمة السلام والتنمية؛ وهذا للاحتفال بمراكز ومتاحف العلوم حيث جاء في كلمة رئيسة المنظمة إيرينا بوكوفا Irena Boukouva سنة 2016: "من هذا المنطلق أدعو جميع الشركاء والحكومات إلى أن تقوم بكل ما في وسعها لدعم ورعاية والاستفادة من قوة المتاحف والمراكز العلمية في صياغة مستقبلا أكثر شمولا واستدامة للجميع".

رغم كل هذا لا تزال العديد من الدول العربية غير واعية بأهمية مراكز ومتاحف العلوم حيث أنّ الهيئة العربية الوحيدة في هذا المجال هي "رابطة المراكز العلمية لشمال إفريقيا والشرق الأوسط" التي ينضوي تحتها عدد محدود من المراكز العربية من تونس ومصر والأردن والكويت والإمارات وفلسطين والسعودية ... بينما لا نجد فيها العديد من الدول العربية الأخرى.

من هذا المنطلق، يسعى المدير العام لقصر العلوم بالمنستير، باعتباره عضوا في الهيئة المديرة لهذه الرابطة، إلى جانب بقية الأعضاء، إلى التعريف بالرابطة وتشجيع بقية الدول العربية على الاهتمام بمثل هذه المراكز والعمل على إحداثها وتعميمها. ويمكن طبعا أن تؤدي المراكز الموجودة حاليا دورا هاما في عملية الدعم والمساندة، وهذا ما عملنا عليه مثلا في قصر العلوم مع بعض الجمعيات العلمية في الجزائر من خلال تبادل الزيارات والتعاون لتنظيم بعض الأنشطة وتأمين دورات تكوينية في بعض المجالات كعلوم الفلك وغيرها.

أعتقد أنه من المهم جدّا أن تتوسع وتتطوّر رابطة المراكز العلمية على غرار عديد التكتلات والمنظمات العالمية في أوروبا وأمريكا وغيرهما لأنّ هذا من شأنه أن ينمّي علاقات التعاون بينها ويثري تجارب المراكز العلمية في كل بلد.

السؤال الثامن: من بين نشاطاتكم، أنكم تُعدّون التلاميذ للمنافسات المختلفة، منها الأولمبية العالمية. كيف يتم ذلك؟ ومن يقوم بالتدريبات؟ وكيف يتم ترتيب مجرياتها زمنيا؟ وهل هناك عمل تطوّعي يقوم به الأساتذة وغيرهم في هذا السياق؟

لعل أهم مناسبة تنظم فيها المؤسسة مسابقات في مجالات علمية متنوعة هي "مهرجان العلوم". وقبل الحديث عن الإجراءات والاعدادات الضرورية لهذه المنافسات، أريد أن أشرح لماذا أحدثنا هذه المسابقات، وما هو الإطار الذي تندرج فيه.

بالعودة الى سؤالكم الثاني والمتعلق بالأهداف السبعة التي يعمل من أجلها قصر العلوم بالمنستير، يمكن أن نلخص هذه الأهداف في التزام المؤسسة بالعمل على إحداث وتطوير ديناميكية علمية وفكرية وثقافية داخل المجتمع التونسي: باعتبار -كما ذكرنا سابقا- أن مراكز ومتاحف العلوم مدعوّة اليوم لتكون أكثر قربا من المجتمع وانفتاحا على مشاغله واهتماماته.

ومن هذا المنطلق، وفي إطار حرصنا الكبير على إشاعة روح الثقافة العلمية داخل المؤسسات التربوية وخارجها، والتزامنا بالعمل المتواصل لتحفيز الناشئة خصوصا على البحث والابتكار والتجديد، طوّرنا فكرة المسابقات الوطنية من خلال مهرجان العلوم.

لنوضح أكثر هذه الفكرة، أقول : لقد انطلقنا منذ قرابة الشهرين في الإعداد للدورة الثامنة لمهرجان العلوم الذي سينتظم يومي 5 و6 نوفمبر 2022. وأحدثنا لهذه الدورة مسابقات وطنية عديدة، وهي كالتالي:

- المسابقة الوطنية للإبداع التلمذي (مستوى ابتدائي، تكميلي، ثانوي)،
- المسابقة الوطنية للإبداع الشبابي (وتتفرع إلى 4 مسابقات)،
- المسابقة الوطنية لأفضل مشاريع التخرج الطلابية ذات القيمة المضافة (وتتوزع إلى 4 مواضيع مختلفة)،
- المسابقة الوطنية للمسرح العلمي.

ولبلوغ الأهداف المذكورة سابقا، عرضنا هذه الأفكار على الوزارات المعنية وهي: وزارة التربية، وزارة الشباب والرياضة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، وزارة الثقافة. وقد تفاعلت هذه الوزارات إيجابيا مع الأفكار المعروضة حيث بادرت كل منها مشكورة بمراسلة مختلف الممثلين الجهويين لها في كامل ولايات البلاد لإعلامها بشروط ومراحل إنجاز هذه المسابقات.

وهكذا ترون أن المؤسسة نجحت في إحداث حركية علمية وثقافة هامة في المجتمع إذا ما أخذنا بعين الاعتبار العدد الهائل للتلاميذ والشباب الموجودين داخل المؤسسات المحلية التابعة لمختلف الإدارات الجهوية (مدارس ابتدائية، تكميليات، معاهد ثانوية، كليات، دور شباب، دور ثقافة...). وعلاوة على ذلك فلبلوغ المهرجان، ستُنظم مسابقات جهوية، تحدد المتفوّقين جهويا والممثلين لجهاتهم أو ولاياتهم أو جامعاتهم في مهرجان العلوم الذي توفّر له المؤسسة جوائز هامة لمزيد من التشجيع والتحفيز لشبابنا على الجهد والبذل والعطاء.

وبالموازاة مع ذلك، ثمة مسابقات أخرى ننظمها عادة بالتعاون مع جمعيات ونوادٍ علمية مختصة يكون الغرض منها استكشاف مواهب وابداعات المتسابقين في مجالات خاصة ومحددة.

السؤال 9: من الناحية التمويلية، هل يسهم قصر العلوم في تمويل نشاطاته بتقديم خدمات لمؤسسات أخرى وبيع منتجات... أو أنه يتلقى كل تمويله من الدولة؟

قصر العلوم بالمنستير هو مؤسسة عمومية منضوية تحت وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. ومن ثمّ فهي تتلقى تمويلاتها من الدولة التونسية، ولكن طبيعتها كمؤسسة عمومية ذات صبغة غير إدارية تسمح لها، بل هي مطالبة، بتنمية مواردها المالية الذاتية حتى تتمكن من إنجاز برامجها وتطوير وسائل عملها.

وفي هذا الإطار، تتيح المؤسسة إمكانية إقامة وتنظيم أنشطة علمية وفكرية وثقافية داخل فضاءاتها سواء على وجه الكراء أو بالتعاون معها، وذلك بمبالغ محددة ومتوفرة على موقع الإنترنت الخاص بها. كما تمثل بعض الأنشطة الأخرى، كالنوادي العلمية، والعروض داخل القبة الفلكية، وزيارة قاعة الاكتشافات، مصدرًا آخرَ متواضعا من مصادر تمويل المؤسسة.

غير أن المتأمل اليوم في المراكز العلمية العالمية يلحظ أنّها طوّرت، إلى جانب عملها اليوم، عديد الخدمات والفضاءات، كالحدائق والعروض السينمائية والمغازات العلمية وأماكن الاستراحة والتسوق وذلك للحفاظ على استمرارية تواجدها وإنجاز برامجها التي تتطلب في الحقيقة أموالا هامة نظرا لطبيعة الفضاءات والمعدات التي تُجهّز عادة هذه المراكز. وهذا يدعونا ربمّا للتفكير في مراجعة وسائل عملنا وإحداث أشكال جديدة لتنمية الموارد المالية للمؤسسة باعتبار هذه الموارد عاملا أساسيا لتطور المؤسسة وتوسيع قاعدة إشعاعها.

السؤال 10: بحكم تجربتكم، بماذا تنصحون لدعم نشر الثقافة العلمية بين الشباب في بلداننا؟

مما سبق، أعتقد أننا أوضحنا ضرورة ومكانة وأهمية مراكز ومتاحف العلوم في مجتمعاتنا. إنها مؤسسات تضع من جملة اهتماماتها نشر الثقافة العلمية بين مختلف شرائح المجتمع.

وانطلاقا من الواقع العربي الراهن في هذا المجال فإني أنصح بالاستفادة من بعض الهياكل العربية كاتحاد مجالس البحث العلمي العربي، واتحاد الجامعات العربية، والمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم وذلك لوضع خطة استراتيجية هدفها معالجة انحسار عدد مراكز ومتاحف العلوم في عديد البلدان العربية... بل انعدامها تماما في بعض الدول الأخرى. والمطلوب أيضا دفع الحكومات العربية -كما أشارت لذلك الرئيسة السابقة لليونسكو- لدعم ورعاية هذه المراكز والاستفادة من قوتها من أجل مستقبل أكثر شمولا واستدامة. هذا في تصوري الحل الأمثل على المدى المتوسط والبعيد.

في انتظار ذلك، نحن محتاجون أيضا لتحسيس مصادر المعرفة الطبيعية، وأعني بها المدارس والمعاهد والكليات. فعليها مراجعة طرائق عملها بما يحدث حيوية وتفاعل أكبر بين المعلّم والمتعلّم، بحيث يتجاوز طرق التلقين التقليدية المملّة في اتجاه بناء جيل متوثّب ومتحفز لتطوير مهاراته وبناء قدراته من أجل البحث والإبداع والابتكار.

وهذا يمكن أن يتحقق بالعمل على تطوير الأنشطة العلمية خارج الفصل، كالنوادي والتظاهرات والمسابقات العلمية، بتشجيع المدرّسين على الانخراط فيما يسمى بالتعليم غير الرسمي مع خلق الحوافز والمكافآت المالية لذلك ومع انفتاح المؤسسات التربوية وخاصة الجامعات على محيطها الاقتصادي والاجتماعي. فمخابر البحث الجامعية، مثلا، التي يموّلها المواطن من جيبه مدعوّة للخروج من أسوار الجامعة وإقامة التظاهرات والملتقيات العلمية داخل المجتمع من أجل تحسيسه بإسهامات البحث ونتائج هذه المخابر في تحسين مستوى عيش المواطن ومعالجة المشاكل المتعلقة بحياته اليومية كالطاقة والبيئة والنقل والصحة وغيرها.

خلاصة القول في هذا المستوى إنّ المدرسة والجامعة لا يجب أن يقتصر دورهما على تمكين جمهورها من كمية هائلة من المعارف والمعلومات بل هي مدعوة أيضا للانفتاح على محيطها والتفاعل المستمر معه من أجل نشر ثقافة علمية واسعة ترفع من مستوى وعيه وتسهم في تحقيق تنمية مستدامة للجميع.

حاوره : أبو بكر خالد سعد الله

****

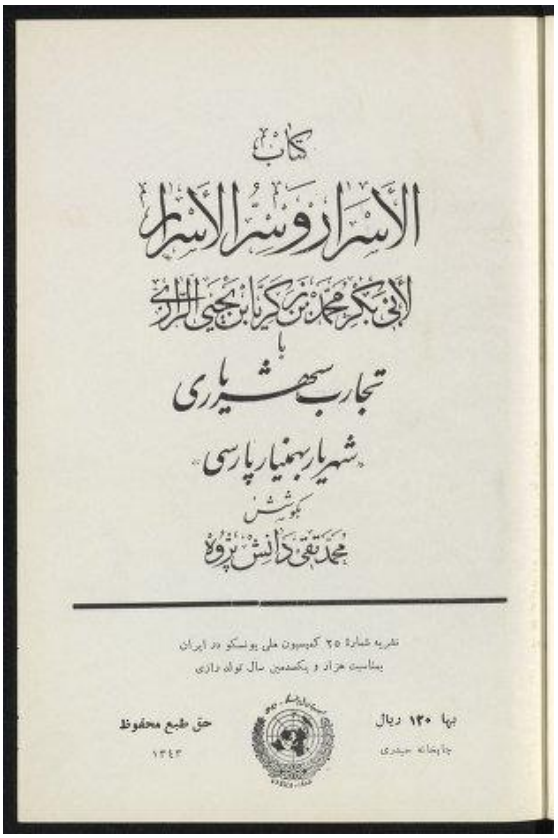
عرض الكتاب

عرض كتاب الأسرار

تأليف : أبو بكر محمد بن يحي الرَّازي (250هـ-864م/311هـ-923م)

عرض : بوبكر ناجمي

أستاذ بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة



1. حول مُؤلّف الكتاب

يعدّ كتاب الأسرار لأبي بكر محمد بن يحي الرَّازي من أهمّ كتب تراث الحضارة العربية الإسلامية في علم الكيمياء، والتي كانت تسمى الصَّنعة أو علم التدابير أو علم الحجر. والرَّازي معروف عند الغرب بـ Rhazes، وُلد نحو 250هـ-864م بالرَّي قرب طهران، وتوفى سنة 311هـ-923م.

للتعريف بالمُؤلّف نقتطف الآتي من ترجمة صاحب الفهرست للرَّازي: "... أوحد دهره وفريد عصره. قد جمع المعرفة بعلوم القدامى، وسيَّما الطب... كان يجلس في مجلسه ودونه تلاميذ ودونهم تلاميذهم، ودونهم تلاميذ أخر. وكان يجيء الرجل فيصف ما يجد لأول من تلقّاه، فإن كان عندهم علم وإلا تعدَّاهم إلى غيرهم، فإن أصابوا وإلا تكلّم الرَّازي. وكان كريما متفضّلا، بارًّا بالناس وحَسن الرأفة بالفقراء والأعلَّاء، حتى كان يجري عليهم الجرايات الواسعة ويُمرّضهم...".

ألَّف الرَّازي كتبا في علوم وفنون مختلفة كالطب الذي اشتهر به، وقد سمَّاه ابن أبي أصيبعة "جالينوس العرب". كما ألّف في الفلسفة والكيمياء والرياضيات وعلم الأخلاق وعلم الكلام وغيرها. تعلّم الرَّازي الموسيقى وكان بارعا في العزف على العود، ونظَم الشعر في صغره.

كان لأعماله وأعمال جابر بن حيان في الصَّنعة تأثير كبير في بروز علم الكيمياء وتطوره في بلاد الغرب. وقد رأى المستشرقون الذين اهتموا في بداية القرن العشرين بدراسة علوم الحضارة العربية الإسلامية أنَّ الرَّازي هو مُؤسّس الكيمياء الحديثة.

ذكر مؤرخ العلوم فؤاد سزكين (1924-2018) آثار الرَّازي في الكيمياء، في الباب الأول من المجلد الرابع المخصص للسيمياء والكيمياء في كتابه تاريخ التراث العربي، ومنها: كتاب الأسرار، كتاب سر الأسرار ، كتاب المدخل التعليمي، كتاب الشواهد، شرف الصناعة، كتاب التدبير، كتاب الإثبات، كتاب الإكسير، كتاب الحجر، كتاب الخواص، كتاب مفيد الخاص في علم الخواص، رسالة في ذكر الخمائر المذكورة في الكتب البرّانية، قانون الطلب في الصنعة.

2. توثيق الكتاب

وردت نسخة العرض في كتاب عنوانه الأسرار وسر الأسرار، نشرته اللجنة الوطنية الإيرانية لمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو). وجمع مادة الكتاب للنشر محمد تقي دانش پژوه، أحد كبار المؤرخين وكتّاب التراجم. وقد نُشر الكتاب سنة 1964 بطلب من اليونسكو تخليدا للذكرى 1100 لميلاد الرَّازي. وعثر المستشرق روسكا J.Ruska (1867-1949) سنة 1921 في جامعة جوتنجان (Gottingen) بألمانيا، على نسخة كاملة أصلية من كتاب الأسرار، واستعان بثلاث نسخ أخرى لتحقيق الكتاب، وترجمه إلى اللغة الألمانية سنة 1937.

3. موضوع الكتاب والغاية من تأليفه

عبّر الرَّازي، بعد البسملة والحمدلة، في مقدمة الكتاب عن الغاية من تأليفه وعن موضوعه بما يلي: "إنَّ الذي دعاني إلى تأليف هذا الكتاب مسألة شاب من أهل بخارى يقال له محمد بن يونس، عالم بالرياضيات والعلوم الطبيعية والمنطقية ممَّن كثر خدمته لي ووجب حقّه علي وعندي. سألني بعد فراغي من الكتب الإثني عشر في الصنعة والرد على الكندي ومحمد بن الليث الرسائلي، أن أجمع شيئا من أسرار أعمال الصنعة ليكون له إماما يقتدى به ودستورا يرجع إليه، فألّفت كتابي هذا... وبيّنت له علم الصنعة مما يستغنى به عن جميع كتبي في هذا المعنى".

وفي نهاية المقدمة يُحذّر الرَّازي من إعارة الكتاب لمن هو من غير الصنعويين لسببين هما: "لما شرحنا فيه ممّا سترته القدماء من الفلاسفة مثل آغاثاذيمون ... وروسموس... ومارية... وأرسطوطاليس... وخالد بن يزيد وأستاذنا جابر بن حيان، بل فيه أبواب لم يُر مثلها ولم يدوّن بعد آغاثاذيمون".

4. عرض تصميم ومضامين الكتاب

أجزاء الكتاب ثلاثة وردت بالأسماء التالية:

- الباب الأول (6 صفحات): في معرفة العقاقير،
- الباب الثاني (5 صفحات): في معرفة الآلات،
- أما الجزء الثالث، لم يذكره كباب (105 صفحة)، كان عنوانه: أقسام التدابير.

يُقسم كل جزء من الأجزاء إلى أبواب فرعية. وفي ما يلي عرض للأجزاء:

الجزء الأول من الكتاب (الباب الأول) في معرفة العقاقير. وهي ثلاثة أصناف برّانية (ترابية أو معدنية) ونباتية وحيوانية.

- **العقاقير البرانية** وتُصنّف إلى ستة (أنواع) أقسام: أرواح وأجساد وأحجار وزاجات وبوارق وأملاح.

- الأرواح أربعة: زيبق، نوشادر، كبريت، زرنيخ.
- الأجساد سبعة: الفضة، الذهب، النحاس، الحديد، الرصاص القلعي، الأسرب (القزدير)، الخارصيني.
- الأحجار ثلاثة عشر: المرقشيشا، المغنسيا، الدوص، التوطيا، اللازورد، الدهنج، الفيروزج، الشادنج، الشك، الكحل، الطلق، الجبسين، الزجاج.
- الزاجات سبعة: الأسود، الأصفر، الشب، القلقديس، القلقطار، القلقند، السوري.
- البوارق سبعة: أحمر، النطرون، بورق الصناعة، التنكار، بورق زراونذي، بورق الغرب، البورق الخبزي.
- الأملاح إحدى عشر: الملح الطيب الحلو، الملح المر، ملح الطبرزد، الملح الاندراني، ملح نفطي، ملح هندي، ملح بيضي، ملح القلي، ملح البول، ملح البورة، ملح الرماد.

- **العقاقير النباتية**: لم يذكرها جميعا بل ذكر أجلّ ما استعملوه منها في التدابير: الاشنان، السبخي، الطوال، الخشب.

- **العقاقير الحيوانية** عشرة أحجار: الشعر والقحف والدماغ والمرارة والدم واللبن والبول والبيض والصدف والقرن وهو أجلُّها.

الجزء الثاني من الكتاب (الباب الثاني) في معرفة الآلات، وهي نوعان:

- آلات تذويب الأجساد (النوع الأول): الكور والمنفخ والماسك والماشة وبوتة مربوتة (أو بوطة مربوطة) للاستنزال والمقطع والمكسر، إلخ،
- آلات تدابير العقاقير (النوع الثاني): القرع والانبيق وذات الخطم (أو العظم أو الخرطوم) والقابلة والقرع والانبيق الأعمى والأثال والمستوقد والأقداح والقناني والأقدار والقوارير والصلاية والفهر والأتون والطابشدان ونافخ نفسه والراد (أو الراط) والدرج والكرة، إلخ.

الجزء الثالث من الكتاب (أقسام التدابير) وهي سبعة:

- القسم الأول: تنظيف الأرواح وتكليس الأحجار والأجساد والأملاح والقشور والأصداف والأثقال،
- القسم الثاني: تشميع الأرواح والأكلاس والأملاح وغيره،
- القسم الثالث: تحليل الأرواح المشمّعة والبوارق والأكلاس والأملاح وغير ذلك،
- القسم الرابع: تمزيج المحلولات،
- القسم الخامس: العقد الذي يكون به تمام العمل،
- القسم السادس: تصعيد الأحجار والأجساد لتقويم الرصاص وغيرها،
- القسم السابع: المياه المحمّرة.

5. تقويم عام

وقع اختيارنا على عرض كتاب الأسرار للرَّازي لعدة أهداف، منها التعريف بالكتب التراثية في تاريخ العلوم العربية بصفة عامة وتاريخ علم الكيمياء بصفة خاصة. وذلك لتحقيق الغاية والفائدة من دراسة تاريخ العلوم، وهي إدراك تطور الفكر العلمي من العصور الأولى إلى العصر الحديث، والاستفادة منه في ترقية المجتمعات البشرية علميا وثقافيا واجتماعيا واقتصاديا.

ومن الأهداف أيضا، الكشف عن سبب اعتبار الرازي واضع علم الكيمياء، ومؤسّس الكيمياء الحديثة في الشرق والغرب عند مؤرخي ودارسي تاريخ علوم الحضارة العربية والاسلامية، من أمثال: روسكا وكراوس Paul Kraus واستابلتون H.E. Stapleton وسارتون G. Sarton وهولميارد E.J. Holmyard وغيرهم.

فممّا صرّح به بول كراوس، وهو صديق وزميل روسكا، بعد اكتشاف هذا الأخير لكتاب الأسرار ودراسته: "يُمثّل هذا الاكتشاف حجر الزاوية في تاريخ الكيمياء العربية لأن المخطوطة كانت أصيلة وكاملة. وكان التأليف مدعومًا من قبل كتّاب سيرة الرَّازي والكتالوجات المبكرة لأعماله". كما أضاف: "في سياق تحقيقاته، كان روسكا في وضع يُمكّنه من إثبات أن المؤلفين الأوروبيين لا يدينون بأي شيء تقريبا للإغريق بل يدينون بكل شيء للكيمياء العربية". أما روسكا فصرح بما يلي: "يعود الفضل إلى الرَّازي لتحويل الصنعة إلى تنسيق علمي بحت لأول مرة".

ويُستفاد من هذا الكتاب بوجه خاص في أعمال وضع المصطلح العلمي العربي بصفة عامة، وخصوصا في نقل مصطلحات الكيمياء الحديثة من اللغات الأعجمية إلى اللغة العربية. تُصنَّف مصطلحات الكيمياء حاليا إلى أربعة أصناف، يُعبّر عنها في الكتب باللغة العربية في الحاضر، بالألفاظ التالية:

- أسماء و رموز المواد (عناصر ومركبات عضوية ولاعضوية)،
- الأدوات و آلات القياس،
- العمليات أو الطرائق التجريبية،
- ألفاظ لمفاهيم تُعبّر عن بنية المادة وخصائصها وتحولاتها الفيزيائية والكيميائية،

يُلاحظ عند مقارنة الأصناف الثلاثة الأولى بما ورد في الكتاب، أنها مرادفات لأسماء العقاقير وللآلات وللتدابير. وفي هذا الموضوع يمكن الإشارة إلى وجود تباين في طريقة وصف العمليات التجريبية في كتب ومنشورات الكيمياء باللغة العربية، وذلك نتيجة عدم اعتماد تصنيف مُوحّد للعمليات ووصفها بمصطلحات مُوحّدة حسب نظرتنا للمسألة.

فمن الألفاظ الموظفة نذكر التحضير أو العملية، بينما يمكن تسميتها بأحد أسماء أقسام التدابير التالية: التنظيف، التكليس، التشميع، التحليل، التمزيج، العقد، التصعيد، تقويم الرصاص، التقطير، التذويب، التنقية، ترداد الماء وتصفيته. ويصف الرازي كل قسم بأنواع من التدابير. فالتنظيف مثلا يضم: التقطير، الشيء، الطبخ، الملغمة، التصعيد، التكليس، الصهر، التصدية.

إن لدراسة تراث الحضارة العربية والإسلامية دورا هاما في وضع إستراتيجية للبحث في موضوع المصطلح العلمي العربي في مادة الكيمياء، تكون الغاية منه تصميم وتطوير نظام مصطلحات كيميائية باللغة العربية مبني على مبادئ وقواعد موحّدة لكتابة الرموز والأشكال وتسمية العقاقير والآلات والتدابير. وهو ما أشار له الأمير مصطفى الشهابي (1893-1968) في المنهجية المقترحة لوضع المصطلح العربي، وذلك عندما دعا إلى إيجاد المقابل العربي إن وُجد في المرتبة الأولى وبعده الاشتقاق من أصل عربي في المرتبة الثانية، عندما رتّب قواعد وطرائق نقل ووضع المصطلحات العربية حسب أفضليتها.

يمكن إيجاز مميزات كتاب الأسرار في عدة نقاط منها أن لغة الكتابة يسيرة، لم ينتهج فيه التعبير بأسلوب التعمية والإبهام المتداول عند الصنعويين القدامى، والذي انتهجه جابر بن حيان. ذلك ما عبّر عنه الكاتب في المقدمة بقوله إنه شرح فيه ما ستره القدامى في الصنعة، ويمكن الاستغناء بكتاب الأسرار وبكتاب سر الأسرار، وهو ملخص له عن جميع كتبه.

كما أن تقسيم الكتاب إلى أجزاء ثلاثة مصنفة يُسهّل الوصول إلى المعلومة بيسر. وَصف الكاتب أقسام الأجزاء وصفا شاملا، بل اقترح في بعض أقسام التدابير، عدة طرائق للتدبير الواحد. وأشار إلى ذلك بعدة عبارات مثل: " ومثله..." أو "وأجلّ منه..." أو "باب آخر".

ومن مميزات الكتاب تقديم إرشادات حول الأمن والسلامة للعمل في المخبر، سواء في استعمال العقاقير الخطيرة كالكبريت ومركبات الزرنيخ والزئبق، أو عند استعمال الآلات كما هو الحال عند استعمال آلات التسخين، وعند التدابير التي يمكن أن تصدر منها روائح سامة، وغيره.

كما قدمّ في الجزء المخصص للتدابير متطلبات تحقيق العمل على شكل عوامل مشاهدة وقابلة للقياس، مثل الزمن والأوزان والقياسات، مع توضيح مؤشرات أو دلائل كيفية لنهاية التدبير وتمامه كاللون أو الرائحة أو القوام أو الذوبانية أو القابلية للاحتراق أو تكوّن أو زوال الدخان وغيرها.

نختم هذا العرض بأمثلة من مصطلحات وردت في أبواب الكتاب، نُبيّن من خلالها كيف يمكن أن تثري مصطلحات تعليم العلوم باللغة العربية بصفة عامة وأعمال مخابر الكيمياء والعلوم الطبيعية والتقانة بصفة خاصة، كما يمكن الاستعانة بها في التعبير باللغة العربية عن مصطلحات التدبير المنزلي والحرف والمهن:

- بعض الأسماء الشائعة من كتاب الأسرار لبعض العقاقير، تكتب رموزها الكيميائية بين قوسين. والأسماء الشائعة يطلب توظيفها في القواعد الحالية لمصطلحات أسماء ورموز المواد:

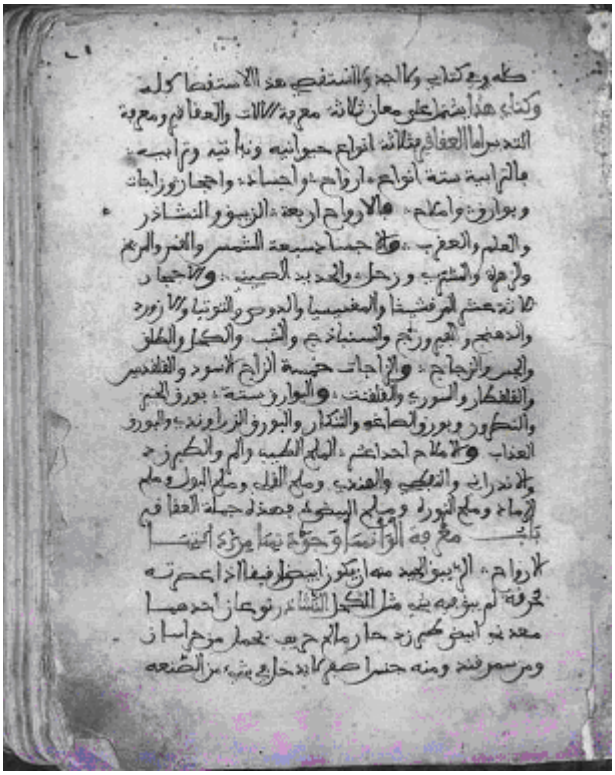
الخرصيني أو الخارصين (Zn)، الأسرب أو القزدير (Sn)، الزاج الأخضر ($FeSO_4$)، الزاج الأزرق ($CuSO_4$)، الزاج الأبيض ($ZnSO_4$)، النطرون ($Na_2CO_3.10H_2O$)، الملح الحلو (NaCl)، الملح المرّ (MgSO)، الكحل (PbS)، الجص ($CaSO_4.2H_2O$)، الرقشيشا (Sb_2S_3).

- أسماء لآلات يُظنّ أنّها غير فصيحة مثل: المغرفة والكوز والطنجير والسرداب والمهراس والبرمة والغربال وغيرها.
- مصطلحات واردة في وصف التدابير قليل منها يُستعمل حاليا، والبعض مجهول وآخر يُظنّ أنّه غير فصيح مثل: الحل، الدق بالمهراس، النخل بالغربال، التحنيق، التلويث بالأدهان، التطيّن، التشوية، التلطيخ، سحق العقاقير، إحماء، إصعاد، إصفاء، إطعام، إطفاء، إلغام، انعقاد، تثقيف، تحمير، تخمير، تخنيق، تدهين، تذنيب، ترخيم، تسويد، تشميس، تطيين، تعتيق، تعريق، تفتت، تقرير، تلقيم، تلويث، سبك، حل، سحق، سلق، طرح، طرق، طلى، عزل، عرق، عصر، عقد، غسل، غلي.

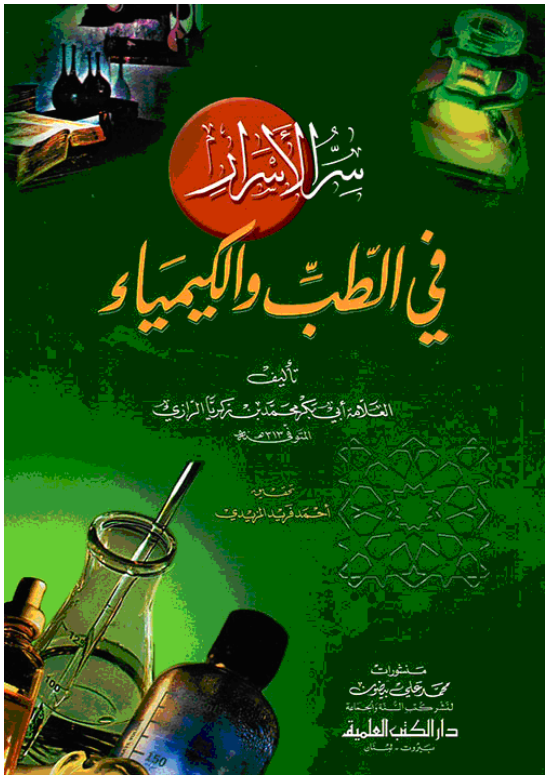
مراجع

1. محمد تقي دانش پژوه: كتاب الأسرار وسر الأسرار لأبي بكر محمد بن زكريا بن يحي الرازي، منشورات منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو)، 1964.
2. د. علي جمعان الشكيل: الكيمياء في الحضارة الإسلامية، دار الشروق، 1989.
3. http://sites.dlib.nyu.edu/viewer/books/columbia_aco001618/96, Kitab al-asrar wa sirr al-asrar, (visited 31.05.2022)

4. Gail Taylor,The Kitab al-asrar: an alchemy manual in tenth-century Persia, Journal Arab Studies Quarterly, Volume 32, Issue1, PP 6-27, Publishers Pluto Journals.



صورة من صفحة كتاب الأسرار المحفوظ بأرشيف جامعة جوتنجان (Gottingen) بألمانيا.



غلاف كتاب سر الأسرار الذي اختصر كتاب الأسرار.