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 12 : أكتوبر 2024

فهرس العدد 12

في الرياضيات وتاريخها	
زجاجة كلاين	حمزة خليف
المنطق الضبابي: رحلة في عالم الأفكار المتموّجة	صادق بوروبي
الدوال الاختبارية ودورها في التحليل الدالي والمعادلات ذات المشتقات الجزئية	عبد الرشيد سعدي
رياضيات القرن 6ه/ 12م: حل مسائل من التقليد الرياضي العربي في الشرق الإسلامي	وسيلة غرابة
في الكيمياء	
علم الحركة الكيميائية	بوعلام بلعيدي وآخرون
مبادئ التحليل الطيفي باستعمال الرنين المغناطيسي النووي (NMR)	خليل قليفط، عبد الحميد زغداوي
في الفلك	
ملاحظات حول تدريس وتقويم الظواهر الفلكية في التعليم الثانوي عبر مغامرات إطلاق القمر ألكوم سات Alcomsat 1	عبد العزيز براح
علم الفلك باختصار :الغوص في أعماق الكون	جمال ميموني
في التربية والتعليمية	
لماذا التفكير الإبداعي والتفكير النقدي معا؟ (2)	مصطفى عشوي
التدريب الميداني للطالب الأستاذ في المؤسسات التربوية كمثال الأُنْموذج الألماني :(2) الأُنْموذج الألماني للتدريب الميداني	مهدي بن بتقة
كيف تدخل للعقول من باب القلوب؟	معمر بن بشير
منوعات	
إبستميّة ترتيب العلوم عند ابن حزم	عبد السّلام سعد
الطين: تاريخه وبعض تطبيقاته (4) التطبيقات الصناعية للمواد الطينية	محمد خوجة وآخرون
شخصية العدد	
الأستاذ محمد الطيب سعداني، مدير المدرسة العليا للأساتذة-القبة، سابقا	تقديم: أبو بكر خالد سعد الله
عرض كتاب	
كاهن الطبيعة: العوالم الدينية لإسحاق نيوتن	تأليف :روب إليفيRob Iliffe عرض: جمال ضو

كلمة العدد 12

بصدور العدد الثاني عشر تكون مجلة **بشائر العلوم** قد أغلقت عامها الثالث. واللافت أننا التزمنا ووفّينا بنشر 15 مادة في كل عدد وبظهور كامل العدد قبل أسبوعين من موعد الصدور في موقع المجلة. وهكذا، تمكّن الطاقم من نشر 180 مقالا خلال هذه الفترة تصبّ كلها في نشر الثقافة العلمية في صفوف فئة واسعة مع القراء. وما يشجع المجلة على المضي قدما في أداء مهمتها أن عدد رواد موقعها خلال الـ 12 شهرا الماضية قد فاق 75 ألف زائر.

يقدم هذا العدد في باب الرياضيات وتاريخها الموضوع الشهير المعروف في الهندسة بـ"زجاجة كلاين" التي تمثّل سطحا ليس له حافّة ولا يقبل التوجيه، بمعنى أنّه سطح لا يمكن تحديد "داخله" و "خارجه". وقد عرّفنا في مقال آخر بمفهوم "المنطق الضبابي" الذي يعترف بوجود حالات من الغموض وعدم اليقين في العلاقات المنطقية. وبعد تناول الدوال الاختبارية والفائدة منها في التحليل الرياضي دخلنا باب التاريخ حيث استعرضنا حلول مسائل من التقليد الرياضي العربي في الشرق الإسلامي.

وفي محور الكيمياء، تناولنا المبادئ الأساسية في علم الحركة الكيميائية. ثم تطرقنا في مقال ثانٍ إلى مبادئ التحليل الطيفي باستعمال الرنين المغناطيسي النووي. فأطياف هذا الرنين طريقة فيزيائية وكيميائية حديثة تفيد في تحليل المركبات العضوية وغيرها. وبعد ذلك، انتقلنا إلى على علم الفلك وتقويم ظواهره وتدريسه في التعليم الثانوي. ثم غصنا في أعماق الكون للتعرف على مكوناته وتاريخ نشأتها علما أن الموضوع يقدم نظرة شاملة وموجزة عن الكون كما نفهمه اليوم.

وفي حقل التربية نواصل التساؤل عن التفكير الإبداعي والتفكير النقدي، إذ بعد جهود الفلاسفة في دراسة العقل والوعي والشعور والتفكير وأنماطه، أصبح علماء النفس وخبراء التربية يهتمون بالفكر والتفكير وارتباطهما باللغة والتعليم والتعلم. كما نواصل في مجال التعليمية استعراض محطات التدريب الميداني للطالب الأستاذ في المؤسسات التربوية الألمانية. وتحت عنوان "كيف تدخل للعقول من باب

القلوب؟" قدم أحد الأساتذة محطات تجربته الطويلة في التعليم مستعرضا الطرق التي سلكها في التعامل مع الطلبة.

لقد اهتم المسلمون بتصنيف العلوم، خاصة مع التدفق الهائل للمعارف والعلوم، وذلك قصد التعرف على ما ينسجم من العلوم مع أصول عقيدتهم. وكان لزامًا على علماء الإسلام مراجعة هذا التصنيف، لذا ارتأينا أن نتناول في هذا العدد التصنيف الذي أتى به الفيلسوف ابن حزم للعلوم. كما ننهي في محور منوعاتنا سلسلة المقالات حول تاريخ الطين وتطبيقاته.

من جهة أخرى، من المعلوم أن المدرسة العليا للأساتذة بالقبة تحتفل هذه السنة بستينية ذكرى إنشائها. ولذا اخترنا شخصية بارزة في تاريخ هذه المدرسة، الأستاذ محمد الطيب سعداني -المدير الأسبق لهذه المؤسسة- ليكون شخصية العدد. أما في ركن "عرض كتاب" فوقع اختيارنا على كتاب يتناول جوانب خفيّة في شخصية إسحاق نيوتن بعنوان "كاهن الطبيعة: العوالم الدينية لإسحاق نيوتن" من تأليف روب إليفي Rob Iliffe.

لا يسعنا في الأخير إلا أن نكرّر نداءنا إلى كافة أساتذة مدرستنا -الذين يقارب عددهم 300 مدرس- للإسهام في إثراء محتوى المجلة بمقالات علمية هادفة. إنه لَجميل أن تكون محتويات المجلة بأقلام أساتذة من خارج المدرسة كما هو الحال الآن، وفي ذات الوقت يستغرب قارئ المجلة في شحّ أقلام أساتذة القبة رغم كثافة عددهم. أليس الأقربون أولى بالمعروف؟

نتمنى أن يجد القارئ الكريم بعض ما ينشده من ثقافة علمية في هذا العدد. وبالله التوفيق.

هيئة التحرير

طاقم المجلة

- **المشرف العام**

مدير المدرسة : الطاهر بلال

- **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

في الرياضيات وتاريخها

زجاجة كلاين

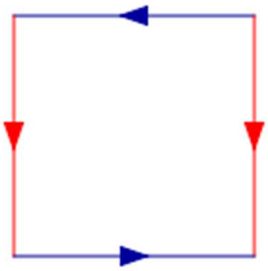
حمزة خليف
أستاذ الرياضيات، متقاعد
hkhelif@gmail.com

يستعمل النصّ الحروف العربية الإضافية الآتية في كتابة بعض أسماء العَلَم الأعجمية:
پ(p)، ڤ (g)، ڤ (v)، ب (é، è، e، ...)، ۆ (eu ،e)، و(o)، وُ(ou).

1. زجاجة كْلاين

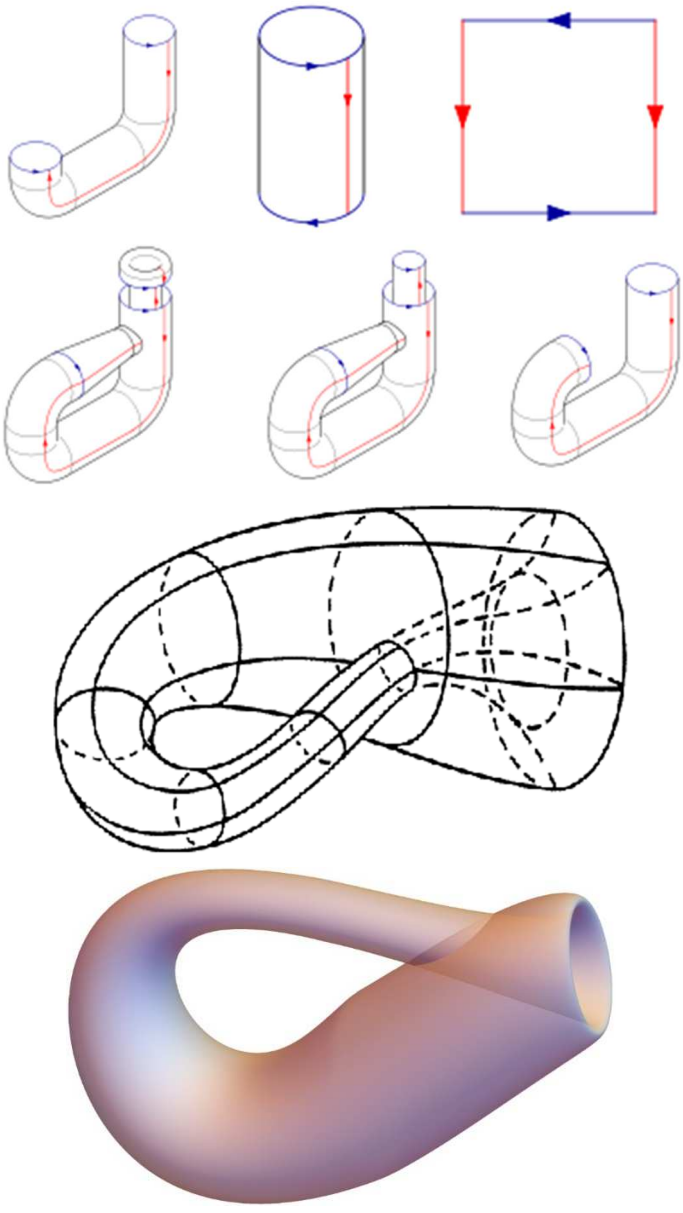
زجاجة كْلاين هي سطح مغلق بغير حافّة وغير قابل للتوجيه، أيْ أنّه سطح لا يمكن بالنسبة إليه تحديد "الداخل" و "الخارج". تمّ وصف زجاجة كلاين لأوّل مرّة في عام 1882 من قِبل عالم الرياضيات فيليكس كْلاين. ربما يكون اسمها قد جاء من الخلط أو التورية بين المصطلحين Kleinsche Fläche ("سطح كلاين") و Kleinsche Flasche ("زجاجة كلاين").
ترتبط زجاجة كلاين ارتباطا وثيقا بشريط موبيوس وبتغميسات (Immersions) المستوي الإسقاطيّ الحقيقيّ (الشكل 10).
إنّها أحد أبسط الأمثلة على المنوّعة المجرّدة، لأنّها سطح لا يمكن تمثيله بشكل صحيح في الفضاء ثلاثيّ البعد. إنها تقبل تغميسا من الصنف C^∞ في الفضاء $\mathbf{R}^3$ ولكنّها لا تمتلك تغطيسا (Embedding , Plongement) مستمرًا فيه.
لا يمكن تمثيل زجاجة كلاين في الفضاء $\mathbf{R}^3$ إلّا بقبول مرورها عبر نفسها، وعليه، لا يوجد تصوّر"دقيق" يمكن رؤيته لها. لكن، من الممكن تصوّرها دون تقاطع ذاتيّ في $\mathbf{R}^4$ ، أيْ أنّ لها تغطيسا من الصنف C^∞ في $\mathbf{R}^4$.

كما هو الحال بالنسبة إلى شريط موبيوس، فإنّ زجاجة كلاين منوّعة من البعد 2 غير قابلة للتوجيه. وعلى عكس شريط موبيوس، فهي منوّعة مغلقة، أيْ أنها متراصّة بغير حافّة. بينما يمكن تغطيس شريط موبيوس في الفضاء الإقليديّ $\mathbf{R}^3$ ، فمن غير الممكن تغطيس زجاجة كلاين فيه كما تمّت الإشارة إليه.
وهي أيضا فضاءُ حاصلِ القسمة المتمثّل في المربّع (الملآن) $[0,1]\times[0,1]$ الذي تتمّ مطابقة أضلاعه من خلال العلاقتين $(0,y)\sim(1,y)$ من أجل $y\in[0,1]$ و $(x,0)\sim(1-x,1)$ من أجل $x\in[0,1]$ (الشكل 1).



الشكل 1

لإنشاء زجاجة كلاين، يتمّ إلصاق السهمين الأحمرين للمربّع معا (على الجانبين الأيسر والأيمن، الشكل **1**)، تنتج من ذلك أسطوانة. لإلصاق طرفيْ الأسطوانة معا بحيث يتطابق السهمان الموجودان على الدائرتين، يجب تمرير أحد طرفيها عبر جانبها. وهذا التقاطع الذاتيّ دائرة. إنّه تغميس ثلاثيّ البعد لزجاجة كلاين (الشكل 2).



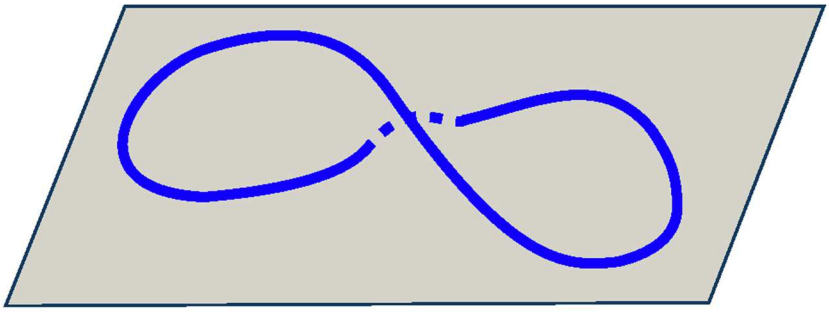
الشكل 2

زجاجة كلاين الحقيقية لا تمرّ عبر نفسها. ومع ذلك، هناك طريقة لتصوّرها في الفضاء رباعيّ البعد. بإضافة بعد رابع إلى الفضاء ثلاثيّ البعد، يمكن إزالة التقاطع الذاتيّ. علينا فقط، وبرفق، دفعُ قطعةٍ من الأنبوب تحوي التقاطع على طول البعد الرابع، خارج الفضاء ثلاثيّ البعد الأصليّ، تماما مثلما يمكن التخلّص من التقاطع الذاتيّ في منحن يتقاطع ذاتيا في المستوي عن طريق رفع جزء من المستوي يحوي هذا التقاطع الذاتيّ إلى بعد ثالث (الشكل 3).

لتصوّر زجاجة كلاين، نتخيّل فردا يعيش في عالم مسطّح من البعد 2. نريدُ أن نشرح له ما هي العقدة. للقيام بذلك، نرسم عقدة على المستوي: كلّ ما يراه هو منحن يتقاطع مع نفسه. نشرح له أنّ النقط التي يراها ليست نقط تقاطع، ولكن المنحني يمرّ "فوق نفسه" و "تحت نفسه". يتفاجأ صاحبنا: كونه يعيش في عالم مسطّح فهو لا يفهم ما هو الأعلى أو ما هو الأسفل. إنّه يفتقر إلى بعد واحد (الأعلى والأسفل) ليتمكّن من تصوّر العقدة.

نواجه نفس المشكلة عندما نحاول تصوّر زجاجة كلاين، لأنّنا نرى سطحا يتقاطع ذاتيا. ومع ذلك، إذا فكّرنا في بعد رابع، يكفي أن نتخيّل أنّه في هذا المكان، تمرّ الزجاجة "فوق نفسها" و "تحت نفسها" بمعنى هذا البعد الرابع، وبالتالي لا تتقاطع ذاتيا.

بطريقة ما، يمكن اعتبار زجاجة كلاين سطحا ينشئ "عقدة". وكسطح (يعني كائنا من البعد 2)، فإنّه يحتاج إلى 4 أبعاد لتكوين عقدة، تماما كما هو الحال بالنسبة إلى المنحني (كائن أحاديّ البعد) الذي يحتاج إلى 3 أبعاد لتكوين عقدة.



الشكل 3

يمكن إنشاء زجاجة كلاين (بالمعنى الرياضياتيّ، لأنّه في الواقع لا يمكن صنعها دون السماح للسطح بالمرور عبر نفسه) عن طريق ربط حافّتَيْ شريطين لموبيوس. يصف لبيو موسر هذه العملية في الأبيات الآتية:

عالم رياضيات يُدعى كلاين

اعتقد أن شريط موبيوس كان إلهيا.

قال: "إذا ألصقتَ

حافّتَيْ اثنين،

ستحصل على زجاجة غريبة مثل زجاجتي".

Limerick by Leo Moser

A mathematician named Klein

Thought the Möbius band was divine.

Said he : "If you glue

The edges of two,

You'll get a weird bottle like mine."

[*David Darling, The Universal Book of Mathematics: From Abra-cadabra to Zeno's Paradoxes, John Wiley & Sons, 2004, p. 176.*]

يؤدّي قطع زجاجة كلاين على طول مستوي التناظر إلى شريطين لموبيوس متناظرين، أحدهما بنصف التواء عن اليسار والآخر بنصف التواء عن اليمين.

إنّها مرّة أخرى حاصل القسمة $\mathbf{R}^2/\mathscr{R}$ حيث $\mathscr{R}$ هي علاقة التكافؤ المعرّفة بـ

$$(u,v)\mathscr{R}(u',v') \Leftrightarrow (u',v') = (u+2k\pi, (-1)^k v + 2h\pi).$$

ها هو تغميس في $\mathbf{R}^3$

$$(u,v) \mapsto \big(x(u,v), y(u,v), z(u,v)\big)$$

مع

$$\begin{aligned} x(u,v) = -\frac{2}{15}\cos u \big(&3\cos v - 30\sin u + 90\cos^4 u \sin u \\ &- 60\cos^6 u \sin u + 5\cos u \cos v \sin u\big) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y(u,v) = -\frac{1}{15}\sin u \big(&3\cos v - 3\cos^2 u \cos v - 48\cos^4 u \cos v + \\ &48\cos^6 u \cos v - 60\sin u + 5\cos u \cos v \sin u - 5\cos^3 u \\ &\cos v \sin u - 80\cos^5 u \cos v \sin u + 80\cos^7 u \cos v \sin u\big) \end{aligned}$$

$$z(u,v) = \frac{2}{15}(3 + 5\cos u \sin u)\sin v$$

و $(u,v) \in [0,\pi]\times[0,2\pi]$.

2. تغميس بالشكل 8

يجري التغميس على الشكل "8" لزجاجة كلاين من خلال أخذ شريط لموبيوس وجلب حافّته إلى خطّ الوسط.

نظرا إلى وجود حافّة واحدة فقط، سيلتقي الشريط بنفسه، ويعبر خطّ الوسط هذا.

ينتج عن هذا التوسيطُ الآتي

$$(u,v)\mapsto\begin{cases}x=\left(r+\cos\frac{u}{2}\sin v-\sin\frac{u}{2}\sin 2v\right)\cos u\\ y=\left(r+\cos\frac{u}{2}\sin v-\sin\frac{u}{2}\sin 2v\right)\sin u\\ z=\sin\frac{u}{2}\sin v+\cos\frac{u}{2}\sin 2v\end{cases}$$

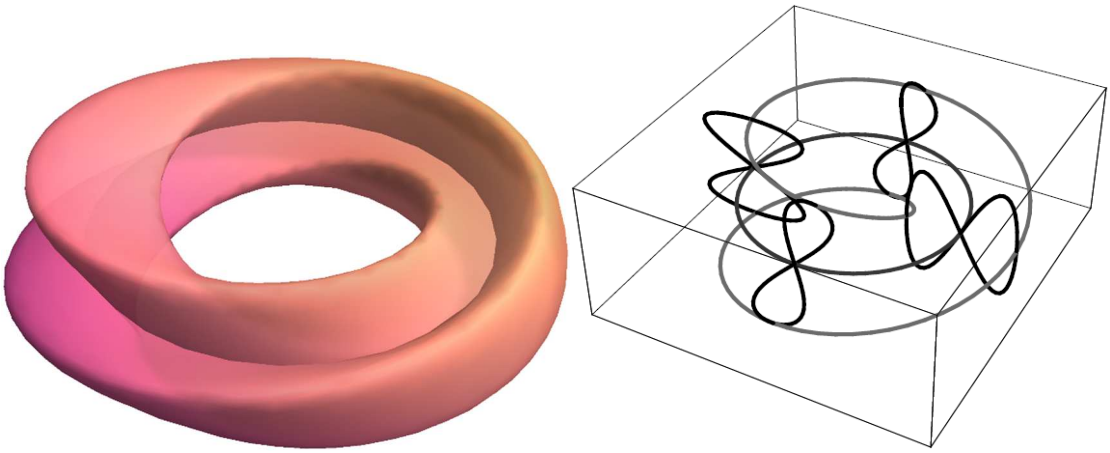
حيث $(u,v)\in[0,2\pi[\times[0,2\pi[$ و $r>2$.

نظرا إلى أنّ شريطَ موبيوس مستوٍ إسقاطيّ مثقوب، فإنّ زجاجة كلاين هي أيضا المجموع المترابط لمستويين إسقاطيين حقيقيين. يتمّ الحصول على المجموع المترابط لسطحين عن طريق قطع قرص على كلّ منهما ثمّ إلصاقهما على طول الحافّتين الدائريتين الناتجتين (الشكل 10).

إنشاء آخر (الشكل 4) هو أخذ منحني "الشكل 8" في مستو عموديّ، وجعله يدور بالكامل حول المحور Oz بينما يقوم الشكل 8 نفسه بنصف دورة. هذا الإنشاء مشابه لإنشاء شريط موبيوس، حيث يتمّ استبدال 8 بالقطعة التي تدور. تتكوّن زجاجة كلاين حينئذ من أسطوانة قاعدتها الشكل 8، ويتم إلصاق القاعدتين المتقابلتين معا بطريقة تتوافق مع توجيههما.

في هذا التغميس، يكون التقاطع الذاتيّ دائرة مرسومة في المستوي Oxy.

الثابت الموجب r هو شعاع (نصف قطر) هذه الدائرة. يعطي الوسيط u الزاوية في Oxy و v وسيطٌ يعرّف مقطع الشكل 8.



الشكل 4

ها هي معادلة ديكارتية لهذا السطح من إنتاج إيان ستيوارت (Ian Stewart)

$$\left(x^2+y^2+z^2+2y-1\right)\left[\left(x^2+y^2+z^2-2y-1\right)^2-8z^2\right]+$$
$$16xz\left(x^2+y^2+z^2-2y-1\right)=0.$$

يمكن نمذجة توسيط في $\mathbf{R}^4$ بغير تقاطع ذاتيّ وفقا لذلك الخاصّ بالطارة المسطّحة

$$(u,v)\mapsto(x,y,z,w)$$

مع

$$x=R\left(\cos\frac{u}{2}\cos v-\sin\frac{u}{2}\sin 2v\right),\ y=R\left(\sin\frac{u}{2}\cos v+\sin\frac{u}{2}\sin 2v\right)$$
$$z=P\cos u\left(1+\varepsilon\sin v\right),\ w=P\sin u\left(1+\varepsilon\sin v\right),$$

حيث P و R ثابتان يحدّدان نسبة العَرض أو نسبة الأبعاد، u ، v يُشبِهان ذيْنكم المحدّدين أعلاه ؛ v يحدّد الموضع حول الشكل 8 وكذلك الموضع في المستوي Oxy ، يحدد u أيضا زاوية دوران الشكل 8 والموضع حول المستوي Ozw ، ε ثابت صغير و $\varepsilon\sin v$ كمية صغيرة متعلّقة بـ v في المستوي Ozw، تُجنِّب التقاطعَ الذاتيَّ التلقائيَّ. عندما يكون $\varepsilon=0$ يكون التقاطع الذاتيّ دائرة في المستوي Ozw.

3. بعض من الخصائص الأخرى لزجاجة كلاين

1) مميّز أويْلر- پوانكاري لزجاجة كلاين والتي نرمز إليها بـ K_2 لسبب يتجلّى لاحقا، يساوي صفرا.
2) أرقام بيتّي غير المنعدمة هي $b_0=1$ و $b_1=1$.
3) رقمها اللوني يساوي 6.
4) زمرتها الأساسية (التي يمكن حسابها باعتبارها CW- مركّبا، أو حاصل قسمة المستوي أو الطارة، أو كفضاء كلّي لتلييف بالدوائر على الدائرة) هي الجداء نصف المباشر لـ $\mathbf{Z}$ في نفسه والمعطى بالتمثيل $\langle a,b\mid aba^{-1}b\rangle$.
5) زُمرُ التماثل لزجاجة كلاين هي $H_0(K_2,\mathbf{Z})=\mathbf{Z}$ ، $H_1(K_2,\mathbf{Z})=\mathbf{Z}\times(\mathbf{Z}/2\mathbf{Z})$ و $H_n(K_2,\mathbf{Z})=\{0\}$ من أجل $2\le n$.
6) تمتلك زجاجة كلاين تغطية قابلة للتوجيه من وُرَيقتين، تفامتشاكلة مع الطارة.

4. زجاجة كلاين وقلب الطارة

إذا تمّ طلاء زجاجة كلاين، فإنّ طبقة الطلاء الناتجة، والتي تكون في قطعة واحدة كون السطح ذا جانب واحد، هي تغميس للطارة، وبعبارة أخرى، فإنّ التغطية ذات الوُريقتين هي الطارة؛ ولهذا السبب تمّ استخدام زجاجة كلاين كخطوة مركزية في قلب الطارة ("Retournement du tore, Torus eversion " أيْ تحويل الداخل إلى الخارج).

5. زجاجة كلاين ومسألة المنازل الثلاثة

مشكلة المنازل الثلاثة والمصانع الثلاثة قابلة للحلّ على زجاجة كلاين، على عكس المستوي. بمعنى آخر، يمكن رسم البيان الشطراني (ذي الفرعين) $K_{3,3}$ على زجاجة كلاين دون تقاطع الحوافّ.

نذكّر أنّ البيانين $K_{3,3}$ و K_5 (غير المستويين) قابلان للتغطيس في كلّ سطح مترابط، متراصّ وبغير حافّة.

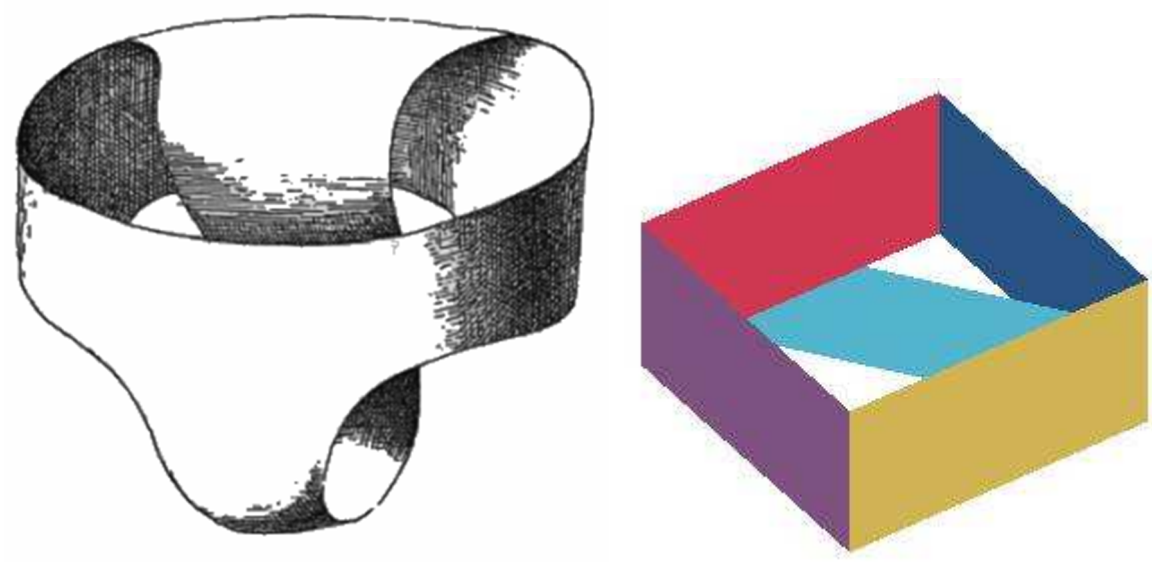
6. السطوح المنشأة من زجاجة كلاين

تنقسم السطوح غير القابلة للتوجيه إلى عائلتين، واحدة تتشكّل عن طريق إضافة مقابض إلى زجاجة كلاين، والأخرى عن طريق إضافة مقابض إلى المستوي الإسقاطيّ الحقيقيّ (تماما كما يمكن تشكيل جميع السطوح القابلة للتوجيه عن طريق إضافة مقابض إلى كرة). السطوح القائمة على زجاجة كلاين لها مميّز أويْلر زوجيّ، وتلك التي تعتمد على المستوي الإسقاطيّ لها مميّز أويْلر فرديّ.

تحظى زجاجة كلاين بشعبية كبيرة في الطوبولوجيا وتحظى بشعبية كبيرة في علم الكون (انظروا على سبيل المثال: المرجع 4).

7. زجاجة كلاين المثقوبة

يمكن تمثيل زجاجة كلاين المثقوبة (التي تتميّز بكونها سطحا أحاديّ الجانب بحافّة ومن الصنف 2) بسروال موبيوسي: يتمّ الحصول عليها عن طريق ربط شريط مغلق غير مَجْدول بشريط كما هو موضّح في الشكل 5.



الشكل 5

زجاجة كلاين مثقوبة!

8. زجاجة كلاين المتعدّدة

تماما مثلما يمكن تعميم شريط موبيوس إلى شريط به n نصف دورة (ويحصل المرء على شريط موبيوس طوبولوجيا فقط عندما يكون n فرديا)، يمكن تعميم زجاجة كلاين إلى زجاجة ذات n انعكاسات، وهي زجاجة كلاين طوبولوجيا فقط عندما يكون n فرديا.

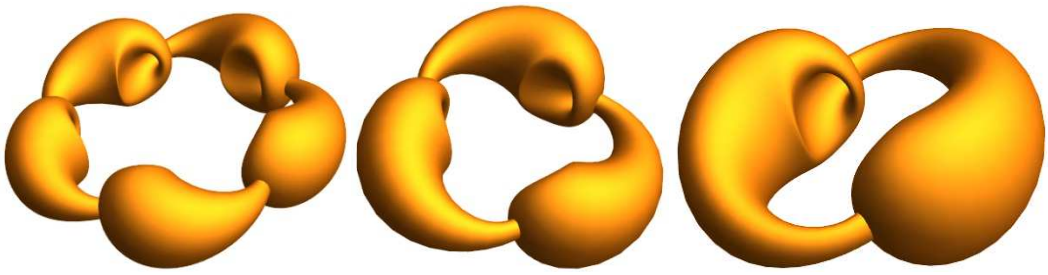
على سبيل المثال، نحصل على زجاجة كلاين -من المرتبة n عن طريق إلصاق حافّتَيْ شريطين لموبيوس من المرتبة n.

ها هو توسيط لزجاجةٍ لكْلاين متعدّدة

$$(u,v)\mapsto\begin{cases}x=(n+1)\cos u-\cos(n+1)u-\dfrac{n}{n+1}w(u,v)\sin\dfrac{n+2}{2}u\cos v\\ y=(n+1)\sin u-\sin(n+1)u-\dfrac{n}{n+1}w(u,v)\cos\dfrac{n+2}{2}u\cos v\\ z=w(u,v)\sin v\end{cases}$$

حيث $w(u,v)=\sin nu+c$ (الشكل 6).

زجاجة كلاين المتعدّدة هي حالة خاصّة من زجاجات بونان- جينر- كلاين (Bonan-Jeener-Klein).



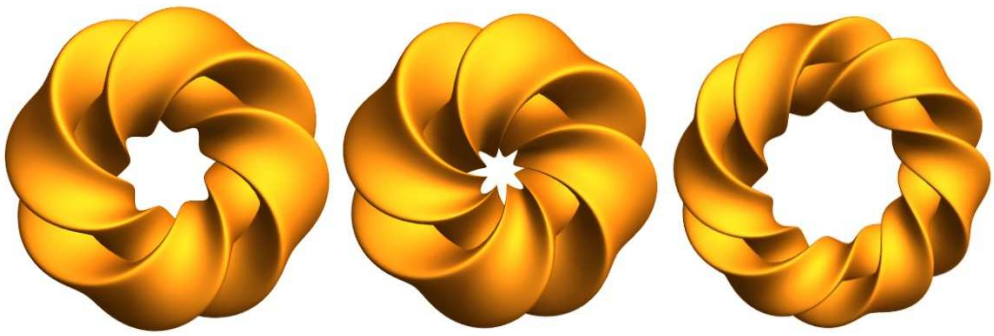
الشكل 6

9. زجاجة كلاين ڤري

زجاجة كلاين-ڤري (Klein-Gray) هي السطح المعرّف بالتوسيط

$$(u,v)\mapsto\begin{cases}x=\left(a+\cos(nu/2.0)\sin v-\sin(nu/2.0)\sin(2v)\right)\cos(mu/2.0)\\ y=\left(a+\cos(nu/2.0)\sin v-\sin(nu/2.0)\sin(2v)\right)\sin(mu/2.0)\\ z=\sin(nu/2.0n)\sin v+\cos(nu/2.0)\sin(2v)\end{cases}$$

حيث $(u,v)\in[0,4\pi]\times[0,2\pi]$ (الشكل 7).



الشكل 7

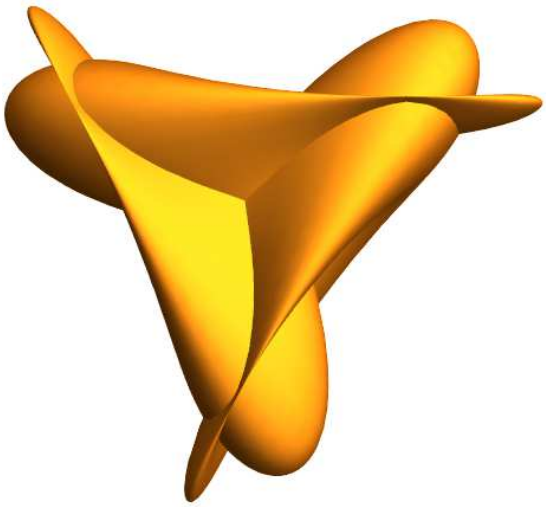
10.زجاجة كلاين جينر

زجاجة كلاين-جينر (Klein-Jeener) (الشكل 8) هي السطح المعرّف بالتوسيط

$$(u,v)\mapsto\begin{cases}x=m\cos u+\cos mu-\dfrac{m+1}{2}mW\sin\dfrac{(m-1)u}{2}\cos v\\ y=m\sin u-\sin mu-\dfrac{m+1}{2}mW\cos\dfrac{(m-1)u}{2}\cos v\\ z=W\sin v\end{cases}$$

حيث

$$W=\cos\left((m+1)u+\frac{\pi}{m+1}\right)+\frac{3}{2}.$$



الشكل 8

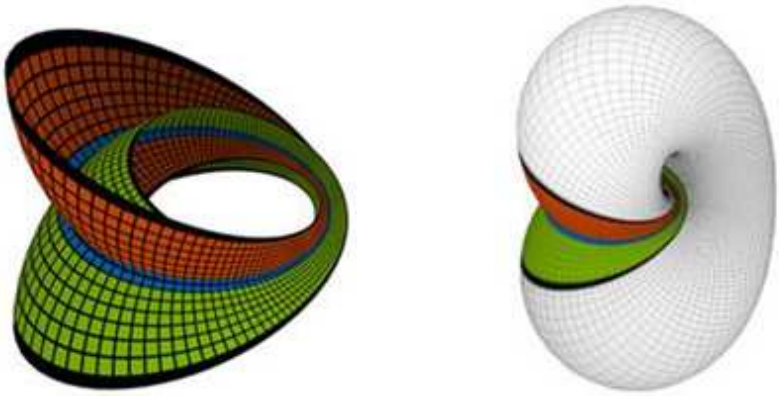
11. زجاجة كلاين لوسُن

ليكن التطبيق $\Psi_{m,n}:\mathbf{R}^2\looparrowright\mathbf{S}^3$ حيث $\mathbf{S}^3$ هي كرة الوَحدة في $\mathbf{R}^4$ المعرّف بـ

$$\Psi_{m,n}(x,y)=\left(\cos mx\,\cos y,\sin mx\,\cos y,\cos nx\,\sin y,\sin nx\,\sin y\right).$$

إذا كان m و n عددين صحيحين أوّلين في ما بينهما وكان أحدهما زوجيا فإنّ السطح (الأصغريّ المتراصّ) يُدعى زجاجة كلاين-لوسُن. (Klein-Lawson)

نلاحظ أنّ لوسُن ثبّت الحدّ الأدنى لأشكال الطاقة للعديد من الأشكال الطوبولوجية. ومن بين أمور أخرى، قدّم الشكل المثير للاهتمام المبَيَّن في الشكل 9 ا، والذي تمّ توضيحه جيّدًا من طرف پولْثَيْر (Konrad Polthier) (الشكل 9 ب). توقّع كاسنر (Robert Kusner) أنّ طاقة ويلمور (Énergie de Willmore) للعديد من زجاجات كلاين- لوسُن قد تمّ تقليلها بالفعل من خلال هذا الشكل المحدّد.



(ب) (ا)

يتقاطع شريطان لموبيوس على زجاجة كلاين-لوسُن في $\mathbf{S}^3$ بشكل متعامد على طول دائرتهما الأساسية.

الشكل 9

12. زجاجة كلاين من البعد n

ينشأ الفضاء حاصل القسمة

$$\mathcal{K}_n = \left(\mathbf{S}^1\right)^n \Big/ \mathcal{R} \qquad (*)$$

حيث $\mathcal{R}$ هي علاقة التكافؤ المعرّفة في $\mathbf{C}^n$ بـ $(z_1,...,z_{n-1},z_n)\mathcal{R}(\bar{z}_1,...,\bar{z}_{n-1},-z_n)$ طبيعيا في دراسة المتخصّصين للتعقيد الطوبولوجي لفضاءات المضلّعات المستوية.

ويُبيّن النموذج

$$\mathcal{K}_n \approx \left(\left(\mathbf{S}^1\right)^{n-1} \times I\right) \Big/ \mathcal{R}' \qquad (**)$$

حيث $(z_1,...,z_{n-1},0)\mathcal{R}'(\bar{z}_1,...,\bar{z}_{n-1},1)$ ، أنّ السطح $\mathcal{K}_2$ هو زجاجة كلاين وأنّ $\mathcal{K}_n$ تعميم طبيعيّ لها في البعد n.

يُعطى مستشاكل بين (*) و (**) بـ

$$\left[(z_1,...,z_{n-1},e^{2\pi i t_n})\right] \mapsto \left[(z_1,...,z_{n-1},2t_n \,(\mathrm{mod}.1))\right].$$

برهن دونالد م. دبهيس (Donald M. Davis) أنّ أصغر فضاء إقليديّ يمكن أن تُغَطّس فيه $\mathcal{K}_n$ هو $\mathbf{R}^{n+1}$ إذا كان n فرديا و $\mathbf{R}^{n+2}$ إذا كان n زوجيا. [arXiv :1706.03704v2 [math.AT] 19 Jun 2017]

13. سطوح للنصّ علاقة بها

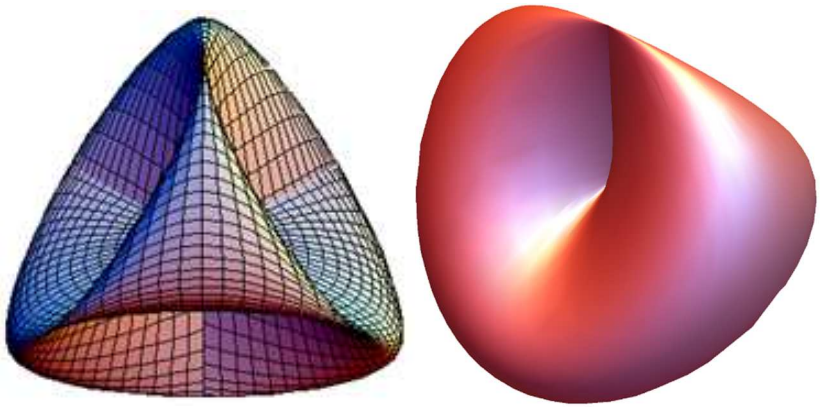
نعيد الإشارة أنّ زجاجة كلاين ترتبط ارتباطا وثيقا بشريط موبيوس وبتغميسات المستوي الإسقاطيّ الحقيقيّ (في $\mathbf{R}^3$) الأربعة التقليدية الآتية (الشكل 10):

القبّعة المتقاطعة (الأبسط بين الـ 4)،

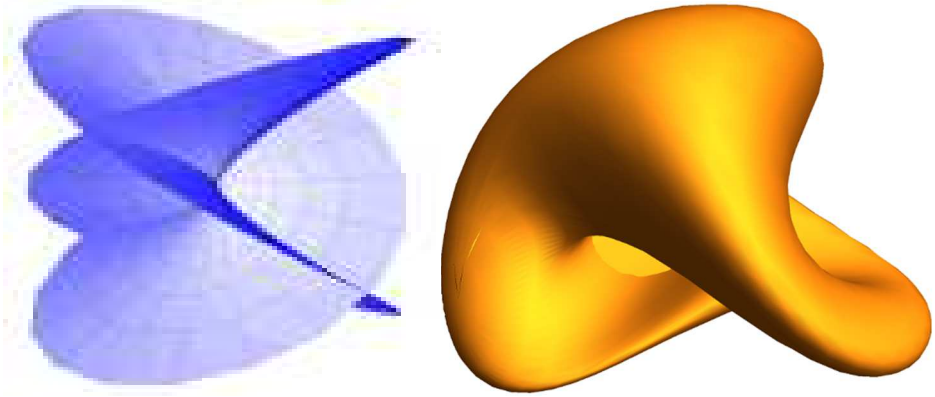
السطح الروماني (أوّل اكتشاف تاريخيّ)،

سطح بويْ (أكثر تعقيدًا، ولكن بغير "نقطة قَرْص" (أو نقطة قُرنية، Point de pincement)، على عكس الأوّلين)،

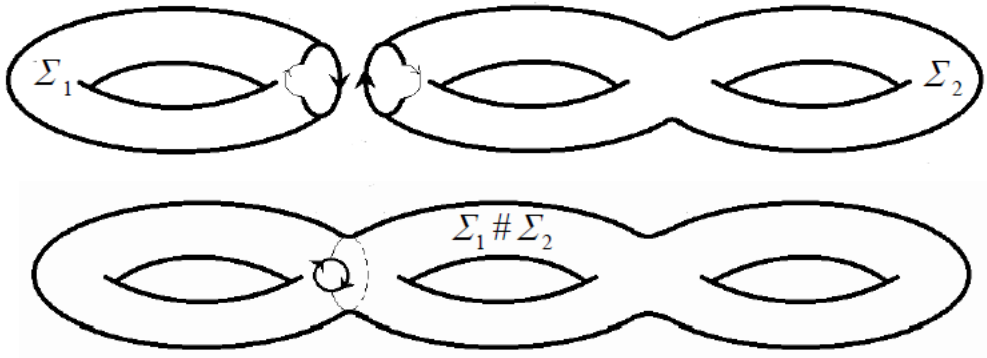
سطح هبنّبرغ (Henneberg)، وهو فضلا عن ذلك سطح أصغريّ.



القبّعة المتقاطعة السطح الروماني



سطح بويْ سطح هبنّبرق



المجموع المترابط $\Sigma_1 \# \Sigma_2$ للسطحين Σ_1 و Σ_2.

الشكل 10

مراجع

ا) ويكس، جيفري: شكل الفضاء، ترجمة حمزة خليف.

[1] Cohen, Daniel C., Vandembroucq, Lucile, *Topological complexity of the Klein bottle*, J Appl. and Comput. Topology (2017) 1:199–213. https://doi.org/10.1007/s41468-017-0002-0.

[2] Gray, Alfred, *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*, Chapman and Hall/CRC, 2006.

[3] Khelif, Hamza, *Le jardin des surfaces, Dictionnaire raisonné des courbes gauches, des surfaces et d'autres variétés célèbres et remarquables*, 2048 pages. KDP Amazon, 2020.

[4] Lachièze-Rey, Marc and Luminet, Jean-Pierre, *Cosmic Topology*, arXiv:gr-qc/9605010v2 9 Jan 2003.

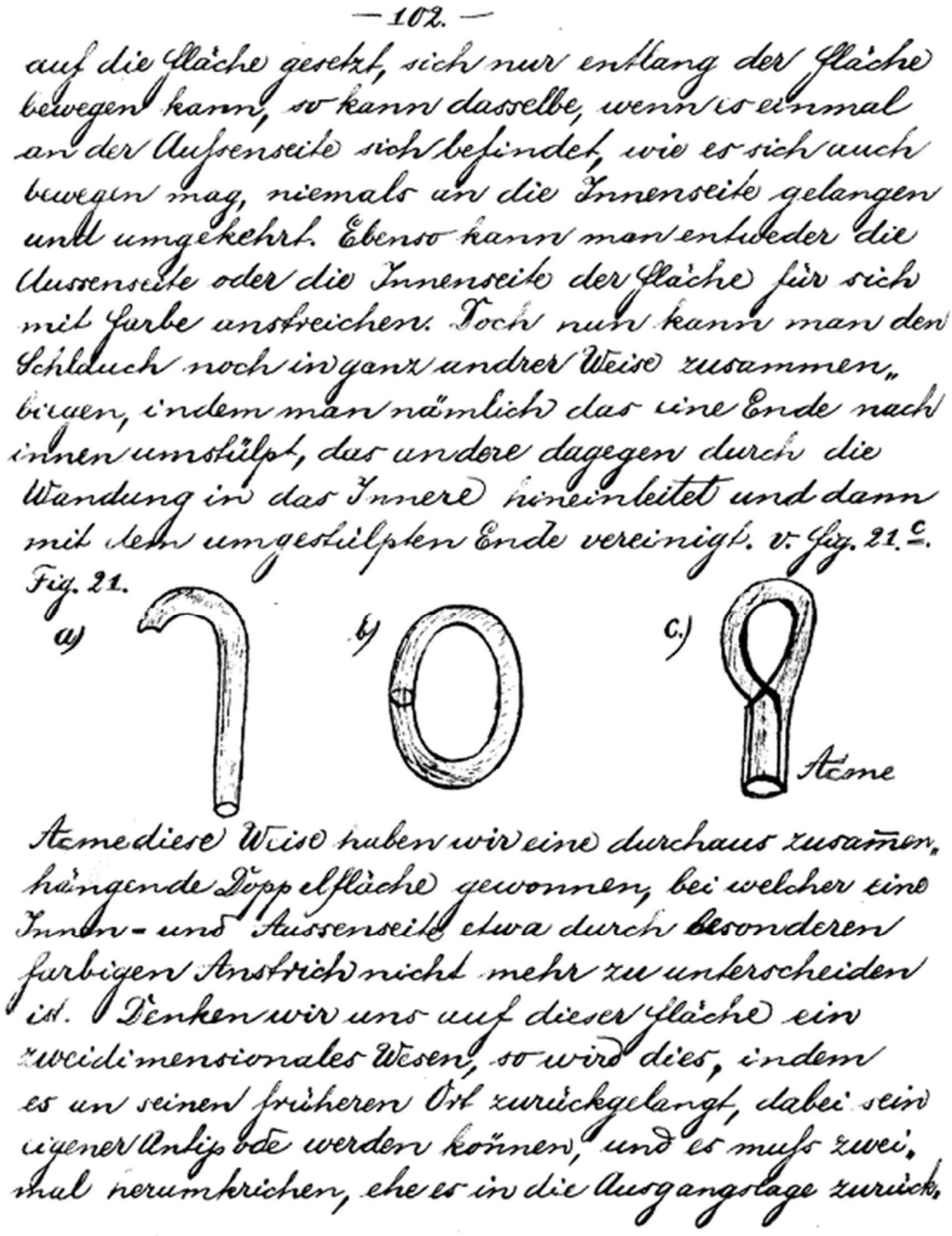
[5] Renker, von Sebastian, *Topologie der Fläche* (International Journal of Computer Vision),

[6] Swindale, N. V., *Visual cortex: Looking into a Klein bottle*, Current Biology 1996, Vol 6 No 7:776–779.

[7] http://www.mathcurve.com/surfaces/klein/klein.shtml

[8] http://melusine.eu.org/syracuse/metapost/vrac/klein01/

[9] https://fr.wikipedia.org/wiki/Bouteille_de_Klein



— 102. —

auf die Fläche gesetzt, sich nur entlang der Fläche bewegen kann, so kann dasselbe, wenn es einmal an der Aussenseite sich befindet, wie es sich auch bewegen mag, niemals an die Innenseite gelangen und umgekehrt. Ebenso kann man entweder die Aussenseite oder die Innenseite der Fläche für sich mit Farbe anstreichen. Doch nun kann man den Schlauch noch in ganz andrer Weise zusammenbiegen, indem man nämlich das eine Ende nach innen umstülpt, das andere dagegen durch die Wandung in das Innere hineinleitet und dann mit dem umgestülpten Ende vereinigt. v. Fig. 21. c.

Fig. 21.

a) b) c)

Atome

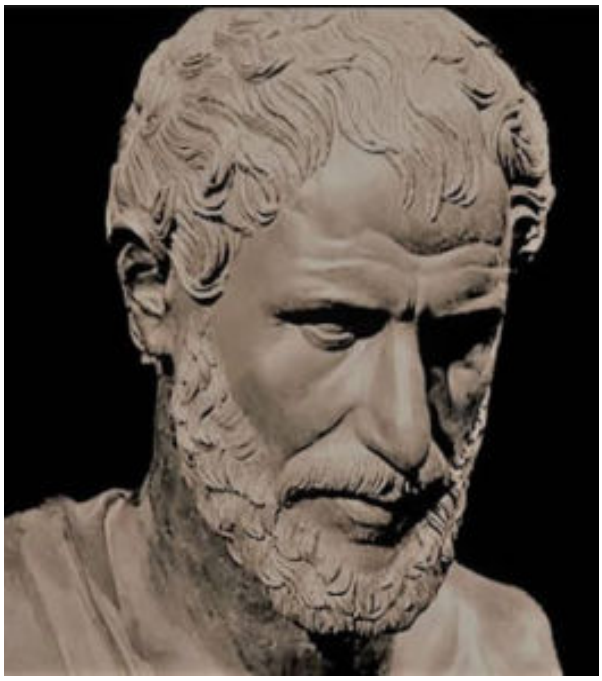
Atome diese Weise haben wir eine durchaus zusammenhängende Doppelfläche gewonnen, bei welcher eine Innen- und Aussenseite etwa durch besonderen farbigen Anstrich nicht mehr zu unterscheiden ist. Denken wir uns auf dieser Fläche ein zweidimensionales Wesen, so wird dies, indem es an seinen früheren Ort zurückgelangt, dabei sein eigener Antipode werden können, und es muss zweimal herumkriechen, ehe es in die Ausgangslage zurück

مخطوط أصليّ من درس لـ فيليكس كْلاين

المنطق الضبابي: رحلة في عالم الأفكار المتموّجة

صادق بوروبي
أستاذ بكلية الرياضيات، جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، الجزائر
bouroubis@gmail.com

"المنطق الضبابي" مفهوم من مفاهيم علم المنطق يعترف بوجود حالات من الغموض وعدم اليقين في العلاقات المنطقية. يعود تاريخه إلى أحد أهم الشخصيات الفكرية من القرن الخامس قبل الميلاد زينون الإيلي (Zenon of Elea)، المعروف بطرحه لعدد من المفارقات الاستفزازية التي قدّم من خلالها العديد من الأفكار المبكرة حول الغموض والتعامل مع مشكلة اليقين في المنطق.



زينون الإيلي

ولكن نظريته لم تلقَ اهتمامًا من طرف العلماء والمفكرين حتى عام 1965، حيث قام العالم الرياضياتي والمنطقي الأذربيجاني لطفي زاده (Lotfi Zadeh) من جامعة كاليفورنيا بتطويره بشكل أدق، حيث قام بتقديم نظرية المجموعات الضبابية (Fuzzy Sets) ونظرية المنطق الضبابي (Fuzzy Logic)، التي تعترف بوجود درجات متعددة من الصحة أو الكمال، وتسمح بالتعبير عن عدم اليقين بشكل أكثر دقة، كما في حالة درجة الحرارة الساخنة أو الباردة، حيث لا يوجد حد دقيق بينهما. فالتعامل بالمنطق الضبابي يكون غالبا مرتبطا بالتعابير اللغوية غير الدقيقة أو غير الواضحة، والتي لا يمكن للمنطق التقليدي أن يعالجها.

لطفي زاده

ولذلك يمكن القول إن المنطق الضبابي لا يتعارض مع المنطق التقليدي، بل يوسع إطاره للتعامل مع حالات أكثر تعقيدًا وتفصيلًا، فهو بالمعنى الواسع يمثّل منظومة منطقية تقوم على تعميم للمنطق التقليدي ثنائي القيم، وذلك بهدف إمكانية الاستدلال في ظروف ضبابية غير مؤكدة. وبالمعنى الضيق فهو نظريات وتقنيات تستخدم المجموعات الضبابية التي هي مجموعات بلا حدود قاطعة.

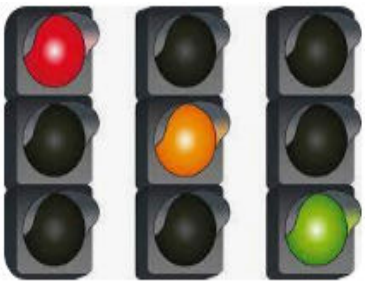
أصبحت تطبيقات المنطق الضبابي جد متقدمة في العصر الحديث وذلك في مجالات متعددة، مثل الذكاء الاصطناعي، وأنظمة التحكم، ومعالجة اللغة الطبيعية، حيث يمكن أن تكون هذه الأنظمة أكثر قدرة على التعامل مع الغموض وعدم اليقين في البيانات. فبكلمة موجزة يمثّل المنطق الضبابي طريقة موضوعية لتوصيف وتمثيل الخبرة البشرية، كما أنه يقدم الحلول العملية للمشاكل الواقعية المتموّجة بشكل فعال ومعقول، بالمقارنة مع الحلول التقليدية الأخرى. فتطبيقات المنطق الضبابي بدأت بوادرها مع المحركات البخارية، لتتطور بعدها إلى تصنيع شرائح تم استعمالها في العديد من المنتجات كآلات التصوير وغيرها.

1. عملية تشغيل نظام غامض

يمر النظام الغامض على ثلاثة مراحل. المرحلة الأولى يتم من خلالها تحويل بيانات كمية إلى متغير لغوي كتحويل مسافة 10.56 متر مثلا إلى مسافة تساوي 30% قريبة، 50% متوسطة و20% بعيدة.

المرحلة الثانية تتمثل في تمرير المتغيرات اللغوية إلى محرك الاستدلال (نموذج رياضي) بإدراج جميع القواعد على شكل: إذا "الشرط" فإن "النتيجة". على سبيل المثال:

- إذا كان الضوء أحمر، وكانت سرعة السيارة عالية، وكان الضوء قريبًا فعلى السائق أن يضغط على المكابح بقوة.
- إذا كان الضوء أحمر، وكانت سرعة السيارة بطيئة، وكان الضوء بعيدا، فعلى السائق أن يحافظ على سرعة السيارة.
- إذا كان الضوء برتقاليا، وكانت سرعة السيارة متوسطة، وكان الضوء بعيدا، فعلى السائق أن يضغط على المكابح بهدوء.
- إذا كان الضوء أخضر، وكانت سرعة السيارة ضعيفة، وكان الضوء قريبًا، فعلى السائق أن يضاعف من السرعة.



ففي مثل هذه الحالات الطبيعية يشتغل دماغنا بمنطق غامض، فالسرعة إذا كانت مرتفعة فما مدى ارتفاعها؟ وإذا كان الضوء قريبًا فعلى أية مسافة هو؟ وإذا توجب على السائق أن يضغط على المكابح بقوة فما مقدار هذه القوة؟

بسبب هذه الضبابية في العبارة يتطلب من المحلل الرياضياتي أن يحوّل اللغة الطبيعية إلى نموذج عددي يمكّنه من اتخاذ القرار بعقلانية نسبية كأن يقرر مثلا بأن الضوء إذا كان أحمر، وتجاوزت سرعة السيارة 85 كلم في الساعة، وكان الضوء على مسافة أقل من 62 مترا، فعلى السائق أن يضغط على المكابح بقوة لا تقل عن 33 نيوتن.

أما المرحلة الثالثة فتتمثل في استخلاص القيم النقيّة غير الغامضة التي بدورها تفضي إلى النتيجة النهائية.

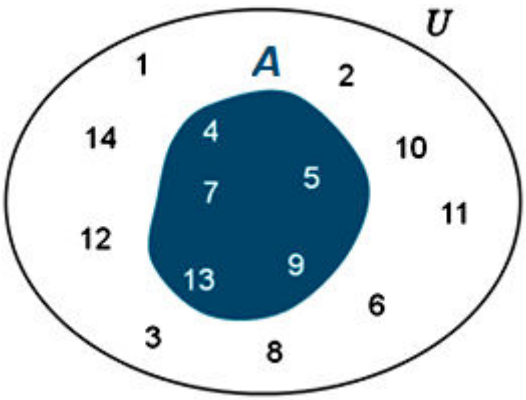
2. مجالات تطبيق المنطق الضبابي

يُستخدم المنطق الضبابي في مجموعة واسعة من المجالات بسبب قدرته على التعامل مع التموّجات في المفاهيم، نذكر منها:

- دعم القرار التشخيصي في المجال الطبي والتوجيه المهني؛
- قواعد البيانات في حالة وجود كائنات أو استعلامات غامضة؛
- التعرف على الأنماط والأصوات وعلم الروبوتات؛
- الأمثلَة متعددة المعايير؛
- السيطرة على الأنظمة الصناعية؛
- معالجة صور الأقمار الصناعية؛

3. المجموعة التقليدية والمجموعة الضبابية

من المعلوم أنه في المجموعة التقليدية يحدد انتماء العنصر إما بنعم أو لا. على سبيل المثال إذا اعتبرنا المجموعة الجزئية A من U المعرفة بواسطة الشكل التالي.



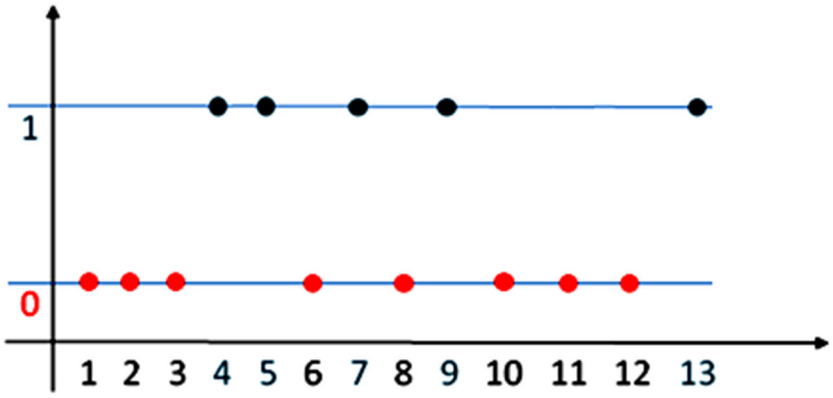
فإنه يمكن التعبير عنها بواسطة دالة الانتماء كما يلي.

$$\mu_A : \quad U \longrightarrow \{0,1\}$$
$$x \longmapsto \mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

أو بواسطة الجدول التالي.

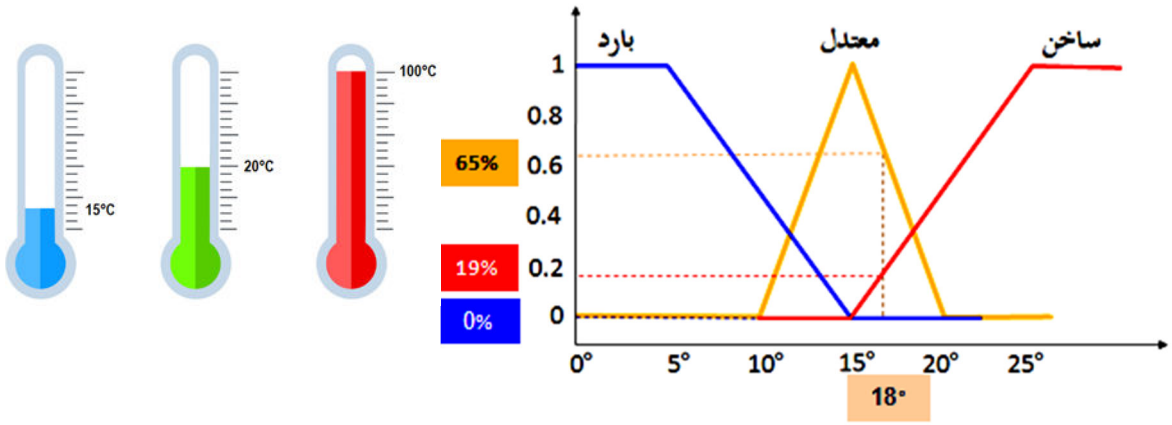
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	U
1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	A

أو بواسطة الشكل البياني التالي

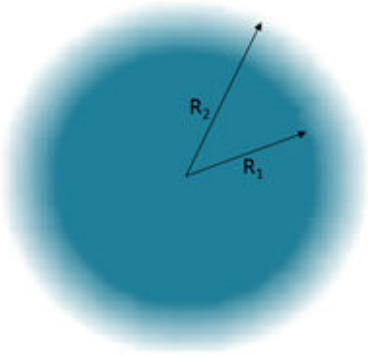


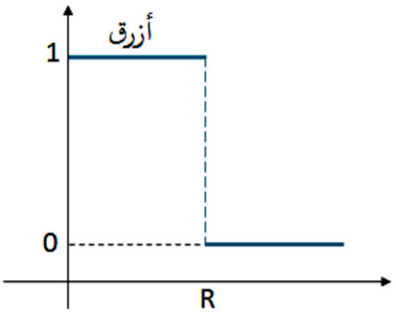
أما في المجموعة المضببة فيكون الانتماء بدرجة معينة تقع ضمن المجال $[0,1]$ بسبب عدم قابلية التصنيف بنعم أو لا، كما هو موضح في المثالين التاليين المتعلقين على التوالي بالمتغيرين اللغويين "طويل" و"ساخن". فكيف لنا أن نعرف مجموعة الأشخاص الذين يتميزون بقامة طويلة أو قصيرة أو متوسطة؟ وكيف نميز بين حرارة باردة أو ساخنة أو متوسطة؟

من خلال الشكل أعلاه يتجلى بوضوح أنه لا يمكن أن نحكم على الشخص على يسار الصورة بأنه طويل أو قصير أو متوسط القامة إلا بنسب معينة، فهو في هذا المثال ليس طويلا وهو قصير بنسبة 75% ومتوسط القامة بنسبة 25%، وقس على ذلك درجة $18°$ في الشكل أدناه.

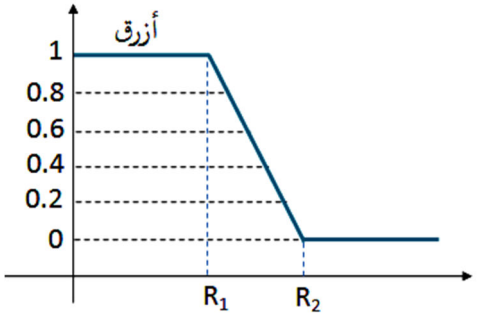


وفيما يلي نورد مثالا آخر يبرز بوضوح الفرق بين المجموعة التقليدية والمجموعة المضببة. فالمتأمل في القرصين أدناه يلاحظ أن المتغير اللغوي "أزرق" يتناسب جيدا مع المجموعة المضببة بالنسبة للقرص الأيمن ومع المجموعة التقليدية بالنسبة للقرص الأيسر.





المنطق الكلاسيكي



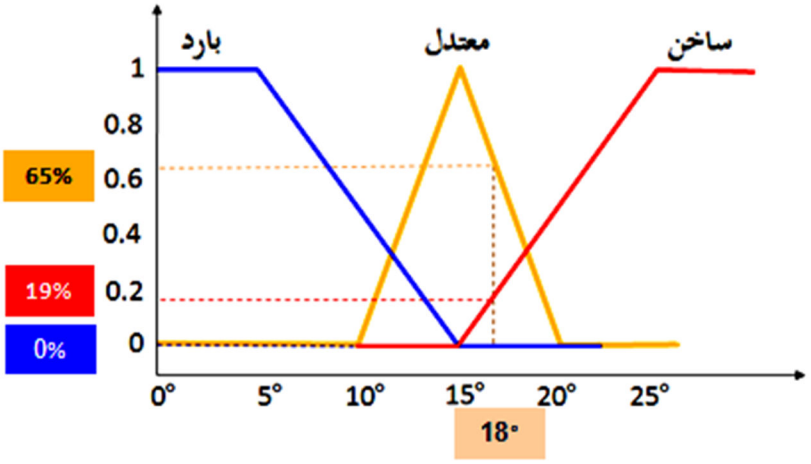
المنطق الضبابي

4. العمليات المنطقية الضبابية

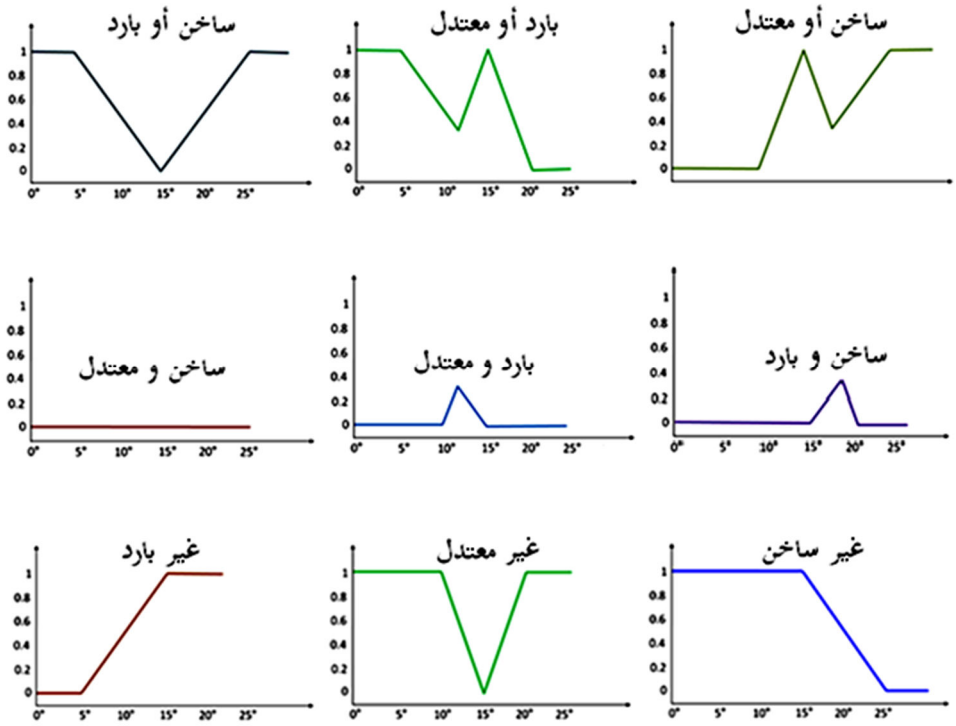
من المعلوم أن المنطق التقليدي يعتمد في جوهره على ثلاث عمليات منطقية ممثلة في التقاطع والاتحاد والتكملة ولا يمكن للمنطق الضبابي أن يخلو منها. لذلك وجب إعطاء تعريف دقيق لهذه العمليات لمعالجة المتغيرات الضبابية بالاعتماد على دوال الانتماء وهي كالتالي:

	دالة الانتماء الضبابي
A∪B	$\mu_{A\cup B} = \max(\mu_A, \mu_B)$
A∩B	$\mu_{A\cap B} = \min(\mu_A, \mu_B)$
$\overline{A}$	$\mu_{\overline{A}} = 1 - \mu_A$

بالعودة إلى مثال المتغيرات اللغوية "ساخن" و"بارد" و"معتدل" المتمثلة في الشكل التالي.



نتحصل على دوال الانتماء المضببة لكل من الاتحاد والتقاطع والتكملة.



5. إزالة الضبابية

تلعب عملية إزالة الضبابية دورًا حاسمًا في أنظمة المنطق الضبابي، حيث يتم تحويل النتائج الضبابية إلى قيم دقيقة وواضحة يمكن استخدامها في اتخاذ القرارات. في هذه العملية، يتم تجميع القيم الضبابية الناتجة عن نظام المنطق الضبابي واستخدام طرق رياضياتية معينة لتحويلها إلى قيمة واحدة محددة.

تعتبر إزالة الضبابية خطوة أساسية لتحويل البيانات الضبابية إلى معلومات قابلة للاستغلال في التطبيقات العملية، مثل التحكم في الأنظمة الصناعية، وإدارة الموارد، وتطوير الذكاء الاصطناعي. من بين الطرق الشائعة لإزالة الضبابية نجد طريقة مركز الثقل، وطريقة المتوسط الأقصى، وطريقة أكبر عضو. كل هذه الطرق تساهم في تحسين دقة وفعالية الأنظمة المعتمدة على المنطق الضبابي. ولأن الهدف من هذا المقال هو التعريف بهذا العلم وتبسيطه، نكتفي بشرح طريقة مركز الثقل ونترك الطرق المتبقية للقارئ إذا شاء أن يتوسع ويزيد من معارفه في هذا المجال.

6. طريقة مركز الثقل

تُعد "طريقة مركز الثقل" واحدة من أكثر الطرق شيوعًا وفعالية في عملية إزالة الضبابية في أنظمة المنطق الضبابي. تُعرف هذه الطريقة أيضًا باسم "طريقة الوسط المتوازن". تعتمد هذه الطريقة على حساب مركز الثقل للتوزيع الضبابي الناتج عن نظام المنطق الضبابي. يتم ذلك من خلال دمج كل القيم الممكنة مع درجات انتمائها المقابلة، ثم حساب المتوسط الموزون لهذه القيم. الخطوات الرئيسية في طريقة مركز الثقل تشمل:

1- تحديد التوزيع الضبابي: يتم تحديد التوزيع الضبابي الناتج عن قواعد المنطق الضبابي.

2- حساب المركز: يُحسب مركز الثقل باستخدام الصيغة الرياضية التالية:

$$\frac{\sum_{i=0}^{n} x_i \mu_{x_i}}{\sum_{i=0}^{n} \mu_{x_i}}.$$

فعلى سبيل المثال، إذا افترضنا أننا نستخدم نظامًا ضبابيًا للتحكم في درجة حرارة غرفة ما وكانت المدخلات إلى النظام هي درجة الحرارة الحالية (Celsius)، والإخراج هو مدى شدة تشغيل المدفأة والتي تتراوح بين 0° (أدنى شدة: المدفأة مطفأة) إلى 10° (أقصى شدة). ناتج النظام الضبابي يُعطى بتوزيع ضبابي على مدى شدة تشغيل المدفأة. لنفترض أن التوزيع الضبابي الناتج هو كالتالي:

- المستوى الذي تعتبر عنده الشدة 2 مناسبة هي 20%.
- المستوى الذي تعتبر عنده الشدة 4 مناسبة هي 50%.
- المستوى الذي تعتبر عنده الشدة 6 مناسبة هي 70%.
- المستوى الذي تعتبر عنده الشدة 8 مناسبة هي 30%.

لحساب مركز الثقل، نستخدم الصيغة التالية.

$$\frac{\sum_{i=0}^{n} x_i \mu_{x_i}}{\sum_{i=0}^{n} \mu_{x_i}}.$$

حيث x_i هو شدة تشغيل المدفأة، و μ_{x_i} هو درجة الانتماء.

الخطوات:

1. حساب حاصل ضرب كل شدة بدرجة انتمائها:

$$0.4 = 0.2 \times 2$$
$$2 = 0.5 \times 4$$
$$4.2 = 0.7 \times 6$$
$$2.4 = 0.3 \times 8$$

2. حساب مجموع حاصل العمليات:

$$9 = 2.4 + 4.2 + 2 + 0.4$$

3. حساب مجموع درجات الانتماء:

$$1.7 = 0.3 + 0.7 + 0.5 + 0.2$$

4. حساب مركز الثقل:

$$C = \frac{9}{1.7} = 5.2941.$$

إذن، باستخدام طريقة مركز الثقل، تكون شدة تشغيل المدفأة، التي تمثل القيمة النهائية المضببة، هي حوالي 5.29. هذا يعني أن المدفأة يجب أن تعمل بشدة تقارب 5.29 على مقياس من 0° إلى 10° لتحقيق درجة الحرارة المطلوبة في الغرفة.

يوضح هذا المثال كيف يمكن استخدام طريقة مركز الثقل لتحويل توزيع ضبابي إلى قيمة دقيقة، يمكن استخدامها في تطبيقات عملية.

الدوال الاختيارية ودورها في التحليل الدالي والمعادلات ذات المشتقات الجزئية

عبد الرشيد سعدي

أستاذ بقسم الرياضيات، جامعة محمد بوضياف، المسيلة

abderrachid.saadi@univ-msila.dz

1. مقدمة

الكل يعلم مدى ارتباط العلوم الفيزيائية بالعلوم الرياضية. من ذلك أن الفيزيائيين غالبا ما يلجؤون إلى ما يُطلق عليه نمذجة الظواهر الفيزيائية، والتي تقتضي تحويل دراسة هذه الظواهر من النموذج الوصفي إلى النموذج الكمي. ينتهي هذا عادة إلى علاقات متداخلة تضم مقادير معلومة وأخرى مجهولة. تُسمى هذه العلاقات معادلات الفيزياء الرياضية، وهي معادلات ذات مشتقات جزئية شهدت تطورًا هائلًا طيلة القرن الماضي، خصوصا مع ظهور نظريات جديدة مثل الأنظمة الديناميكية والتحليل التابعي ونظرية التوزيعات.

إن وجود المشتقات الجزئية – فضلًا عن حلها - يعتبر في حد ذاته تحديًا رياضيًا. فما بالك بالرجوع إلى الظواهر التي، إن تم نمذجتها على شكل دوال، فإنها تكون على شكل غشيم يفتقد إلى المرونة والصقالة، على العكس من حلول المعادلات المتعلقة بها المتطلبة قيودًا قد لا تتحقق تجريبيًا. لقد أدت هذه المعضلة بالرياضيين إلى التفكير وفق مقاربتين مترابطتين مع بعضهما البعض، شأنهما شأن الكثير من فروع الرياضيات:

- إيجاد حلول مخففة سُميت حلولًا ضعيفة تمييزًا لها عن الحلول المباشرة والتي سُميت قوية.
- تقريب الحلول إلى متتاليات متقاربة نحوها تسمى حلولًا عددية.

أدت المقاربة الأولى إلى ظهور نظرية التوزيعات وفضاءات سوبولاف (Sobolev) اللتين تُعتبران جزءًا مهمًا في التحليل التابعي، بينما أدت المقاربة الثانية إلى المساهمة في ظهور التحليل العددي.

نهتم في بحثنا هذا بعنصر مهم في المقاربة الأولى أطلق عليه اسم التوابع الاختبارية، وهو اسم مرن يُطلق على نمط من الدوال تحقق خصائص معينة نتعرض إليها لاحقًا.

2. مفهوم التابع الاختباري

في عام 1934، نشر ج. ليري (J. Leray) بحثًا عنوانه "**حول حركة مائع لزج عبر الفضاء**"، تناول فيه دراسة لمعادلة نافييه–ستوكس (Navier-Stokes) في ميدان من الفضاء الحقيقي ثلاثي الأبعاد، أشار فيه إلى حلول اقترح تسميتها حلولًا مضطربة تخضع لمعادلات نافييه - ستوكس لكنها لا تبقى منتظمة طوال الوقت حسب تعبيره. أكد ليري أن هذا النوع من الحلول، لو فقد تعبيره عن الظاهرة التي تنمذجها معادلة نافييه–ستوكس، فإن ذلك لا يعني فقدان أهميته الفيزيائية–الرياضية، إذ لا بد وأن تواجهنا ظواهر فيزيائية تكون هذه الحلول المضطربة مناسبة لها.

ومن ضمن ما قدّم ليري في هذا البحث مفهومان لهما ارتباط بما نحن بصدد تقديمه:

- **المفهوم الأول**: هو مفهوم "التقارب الضعيف بالمتوسط (التربيعي)"، والذي ينص على أن متتالية توابع (U_n) تتقارب بضعف بالمتوسط نحو تابع U على ميدان Ω إذا وفقط إذا كان $\int_\Omega U_n^2 < \infty$ وكان $\int_\Omega U_n . A$ يتقارب نحو

$\int_\Omega U.A$ مهما كانت الدالة A التي تحقق $\int_\Omega A^2<\infty$. إن هذا التقارب يتطابق تماما مع مفهوم التقارب بضعف في فضاء لوبيغ (Lebesgue) $L^2(\Omega)$.

- **المفهوم الثاني**: هو مفهوم "**شبه المشتقة**" الذي شاع فيما بعد تحت اسم "**المشتق الضعيف**"، والذي يستند إلى علاقة المكاملة بالتجزئة الشهيرة (أو علاقة غرين Green).

تقبل الدالة U شبه مشتقة في الاتجاه i إذا وفقط إذا وجدت دالة u_i تحقق العلاقة التالية:

$$\int_\Omega \left(U.\frac{\partial A}{\partial x_i}+u_i.A\right)=0$$

وذلك من أجل كل دالة A من $L^2(\Omega)$ ذات مشتقات جزئية مستمرة في $L^2(\Omega)$.

تعتبر الدوال A المقدمة في التعريفين بمثابة دوال اختبارية في $L^2(\Omega)$، والتي يمكن تعميمها إلى الفضاء $L^p(\Omega)$ $(p\geq1)$ فتكون الدوال الاختبارية منتمية إلى الفضاء $L^{p'}(\Omega)$ $(p\geq1)$ حيث يمثل p' مرافق لوبيغ للعدد p $(\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=1)$.

غير أن المفهوم الشائع للدوال الاختبارية هو ذلك المفهوم الذي قدّمه ل. شوارتز (L. Schwartz) في كتابه الشهير "**نظرية التوزيعات**" حيث وصفها بأنها دوال قابلة للاشتقاق لانهائيا، وتنعدم خارج مجموعة محدودة من Ω. نرفق بكل تابع φ من هذه التوابع "نواة" (والذي يعرف حاليا باسم حامل الدالة)، وهي مجموعة متراصة تتميز بأن متممتها هي أكبر مجموعة مفتوحة حيث $\varphi=0$.

نرمز للدوال الاختبارية على المفتوح Ω بالرموز: $D(\Omega)$، $C_c^\infty(\Omega)$، $C_0^\infty(\Omega)$. كما توجد دوال اختبارية قابلة للاشتقاق m مرة وذات حوامل متراصة، يرمز لمجموعة هذه التوابع بالرموز: $D^m(\Omega)$، $C_c^m(\Omega)$، $C_0^m(\Omega)$.. الحرف m يرمز لرتبة الاشتقاق بينما يرمز الحرف الصغير c إلى تراص الحامل، أما العدد 0 فيرمز إلى انعدام الدالة ومشتقاتها خارج مفتوح متممته محدودة.

3. طبولوجيا من نوع خاص

إن استعمالنا للتوابع الاختبارية سيؤدي بنا إلى استخدام سلسلة من الإجراءات الجبرية والطبولوجية، مما يحتم علينا الانتباه جيدًا لما نقوم به، خصوصا عند المرور للنهايات. من أجل هذا تم تزويد فضاءات التوابع الاختبارية بطبولوجيات خاصة مراعاة لخصائصها. نحتاج في ذلك لأمرين أساسيين:

- **التمام**: ويمكن التعبير عنه بأنه كلما كانت المسافة بين عنصرين من عناصر متتالية ما تؤول إلى الصفر في جوار المالانهاية، كانت هذه المتتالية تتقارب نحو عنصر من هذا الفضاء. نقول عن الفضاء هنا بأنه تام، وإذا كان فضاء شعاعيًا نظيميًا فإننا نقول عنه إنه بناخي.
- **الغلق**: يمكن استعمال الخاصية الموالية لمجموعة مغلقة: كلما كانت متتالية من مجموعة A متقاربة فإن نهايتها تنتمي إلى A.

في حالة الفضاءات المترية، هناك علاقة بين التمام والغلق يمكن مراجعتها في مكانها من كتب الطبولوجيا العامة. بالنسبة لفضاءات لوبيغ $L^p(\Omega)$، نستطيع تزويدها ببنية فضاء بناخي اعتمادًا على الخاصية التي يضمنها تعريف هذه الفضاءات، وتسمى بخاصية p جمعية.

كما أن هناك نوعًا خاصًا من الفضاءات الطبولوجية يتمتع ببنية فضاء شعاعي لكنه ليس نظيميًا بالضرورة، يسمى هذا النوع من الفضاءات بالفضاءات الشعاعية الطبولوجية، ومن بين الأمثلة عليه فضاء الدوال الاختبارية من النوع الثاني. يُشترط في هذا النوع من الفضاءات أن يكون الانسحاب والتحاكي تطبيقين مستمرين وفق هذه الطبولوجيا

وما يتولد منها، ويتم إنشاؤها بإعطاء طبولوجيا محدبة محليًا، منسجمة مع بنية الفضاء الشعاعي، عن طريق إعطاء جملة أساسية لجوارات 0، ثم جوارات نقطة كيفية، وفقًا لصمود الطبولوجيا بالانسحاب.

إن تقديم هذه الطبولوجيا عملية معقدة يمكن الرجوع فيها إلى الكتب التي تتناول هذا النوع من الفضاءات (يمكن للقارئ الرجوع إلى المرجعين [3] و [4]). سنكتفي هنا بالقول إن هذا يعتمد على اختيار أنصاف النظيمات التي تنتج منها جملة الجوارات الأساسية؛ ففي حالة الفضاء $D(\Omega)$ تنتج من قابلية الاشتقاق اللانهائي محدودية كل مشتقة من رتبة معينة على كل متراص. وهذا ما يسمح لنا بتعريف نظيم التقارب المنتظم لكل مشتقة على كل متراص، والذي يعتبر نصف نظيم إذا أخذناه في فضاء التوابع القابلة للاشتقاق لانهائيًا (أو حتى رتبة معينة) على مفتوح. تسمى هذه العملية بالنهاية الاستقرائية الدقيقة.

4. الكثافة ومفهوم الصقل

مفهوم الكثافة هو مفهوم لا يمكن الاستغناء عنه في التحليل الدالي، والذي يمكن التعبير عنه بما يلي: تكون مجموعة A كثيفة في فضاء E إذا أمكن تقريب كل عنصر من E بمتتالية عناصر من A وفق طبولوجيا الفضاء E. يسمح لنا هذا التقريب بنقل العمليات المختلفة (التقارب الضعيف، النهاية والاشتقاق تحت إشارة التكامل، ...) إلى عناصر من مجموعة A مختارة بعناية بحيث تكون عناصرها لطيفة بالقدر الذي نريده، ثم العودة إلى عناصر الفضاء الأول ما أمكن ذلك (نشير إلى أن عملية الرجوع ليست ممكنة إلا تحت شروط).

من بين المفاهيم المتعلقة بالكثافة مفهوم قابلية الفصل، وهو أن يقبل فضاء طبولوجي E مجموعة قابلة للعد كثيفة فيه. فإذا كان E فضاء شعاعيًا نظيميًا، يمكن جعل المجموعة القابلة للعد عبارة عن اتحاد فضاءات شعاعية جزئية منتهية البعد، وهو ما يسمح بتقريب المسائل من مسائل في فضاءات غير منتهية الأبعاد إلى فضاءات منتهية الأبعاد، كما هو الحال في طريقة فايدو-غالاركين (Faedo-Galerkin) مثلًا.

يعتبر فضاء التوابع الاختبارية $D(\Omega)$ كثيفًا في كثير من الفضاءات الدالية، ومن بينها:

- فضاء الدوال المستمرة على متراص، وذلك وفقًا للطبولوجيا المرفقة بنظيم التقارب المنتظم.
- فضاء الدوال القابلة للاشتقاق حتى رتبة m، وذلك وفقًا للطبولوجيا التي تم الإشارة إليها.
- فضاء الدوال القابلة للاشتقاق لانهائيا، وذلك وفقًا للطبولوجيا التي تم الإشارة إليها.
- فضاءات لوبيغ $L^p(\Omega)$ وفق النظيم المرفق بها.
- فضاء التوزيعات $D'(\Omega)$.
- الفضاء $W_0^{m,p}(\Omega)$ المكون من الدوال المنتمية إلى $W^{m,p}(\Omega)$ والتي تنعدم على حافة Ω.

يعتمد مفهوم الصقل على نقل قابلية المفاضلة من دالة يُفترض أنها مصقولة (قابلة للمفاضلة بنحو كاف) إلى الجداء التزاوجي لها مع دالة أخرى لا تتمتع بهذه الخاصية، كأن تكون من فضاء لوبيغ مثلًا. هناك متتاليات خاصة تسمى متتاليات صاقلة يتم إدخالها على جداء التزاوج لإثبات الكثافة أو لإيجاد حلول صريحة لمعادلات تفاضلية أو ذات مشتقات جزئية.

5. الحلول الضعيفة وفضاءات سوبولاف

بالرجوع إلى ما تم تقديمه في الفقرة الثانية حول مفهوم المشتق الضعيف، وباعتماد دالة اختبارية مناسبة، يمكننا الانتقال من مسألة ذات قيم حدية لمعادلة ذات مشتقات جزئية من الرتبة الثانية إلى معادلة تتضمن مشتقات من الرتبة الأولى.

لنأخذ مثلا المسألة التالية:

$$\begin{cases} -\Delta u = f: \ \Omega \text{ في} \\ u = 0: \partial\Omega \text{ على} \end{cases} \qquad (P)$$

حيث Ω يمثل مفتوحًا محدودًا من $\mathbb{R}^n$ ذا حافة $\partial\Omega$ مصقولة بالقدر الذي نريد، و f دالة تحقق شروطًا سيتم تحديدها بناء على طبيعة المسألة.

يمكننا الانتقال من المسألة المذكورة أعلاه إلى المسألة الموالية باستخدام دوال اختبارية v مختارة بعناية وتطبيق دستور المكاملة بالتجزئة المعمم (دستور غرين):

$$\int_\Omega \nabla u.\nabla v = \int_\Omega \mathrm{f}.v \qquad (FV)$$

كي تكون هذه المسألة (FV) معرفة جيدًا، يكفي أن تكون جميع الدوال المذكورة تنتمي إلى $L^2(\Omega)$ مثلًا. إن هذا يقتضي انتماء الدوال الاختبارية وجميع مشتقاتها الجزئية بالمفهوم الضعيف إلى فضاء لوبيغ $L^2(\Omega)$، وهذا هو بالضبط مفهوم انتماء هذه الدوال الاختبارية إلى فضاء سوبولاف $H^1(\Omega)$.

بتعميم هذا التعريف إلى أساس كيفي $p\geq 1$ ومشتقات رتبتها أقل أو تساوي $m \in \mathbb{N}^*$، نحصل على فضاءات سوبولاف ذات الرتب الصحيحة $W^{m,p}(\Omega)$، وهي الوعاء الدالي لكثير من المسائل ذات القيم الحدية الخطية وغير الخطية.

تُسمى المسألة (FV) بالصيغة التغايرية للمسألة (P)، والتي يمكن كتابتها عمومًا على الشكل التالي:

$$(Au,v) = <F,v>, \qquad \forall v\in V \qquad (Q)$$

حيث يُمثّل V فضاء شعاعيًا نظيميًا (من نمط سوبولاف في كثير من الأحيان)، ويُمثّل A مؤثرًا من V نحو ثنويه 'V، كما يُمثل F تابعية على V (تطبيق من V نحو $\mathbb{R}$).

- إذا كان F شكلًا خطيًا مستمرًا وكان A تطبيقًا خطيًا مستمرًا وقسريًا (coercive)، فإن نظرية لاكس–ميلغرام (Lax-Milgram) تضمن لنا وجود حل وحيد للمسألة (Q) على الفضاء الهيلبرتي V. إن نظرية لاكس-ميلغرام لا يمكن تطبيقها إلا على فضاءات هيلبرتية، ومثلها نظرية ستامباخيا (Stampacchia) المتعلقة بالمتراجحات التغايرية لا تطبق إلى على محدب من فضاء هيلبرتي.
- أما إذا كان A تطبيقًا غير خطي، فإننا نلجأ إلى نظرية التوابع الرتيبة والمعروفة أحيانا باسم مينتي–براودر (Minty–Browder)، والتي يكفي أن يكون فيها A محدودًا، قسريًا، رتيبًا، مستمرًا بطريقة محددة، لنضمن وجود حل للمسألة (Q) دون الوحدانية التي تتطلب شروطًا إضافية.
- أما في حالة كون F غير خطي، فإننا نلجأ إلى طرق أخرى مثل طرق النقطة الصامدة والطريقة التغايرية، وطريقة التقريب لفايدو – غالاركين، وغير ذلك من الطرق التي لا يمكن حصرها هنا.

إن اشتراط القصرية للمؤثر A يعتبر أساسيًا في هذا النوع من المسائل، وبفقدانه نقول عن المؤثر A إنه مضمحل أو شاذ. في هذه الحالة علينا اللجوء إلى حيل أخرى، من بينها تغيير النظيم مثلًا باستخدام إحدى متباينات بوانكاريه (Poincaré)، أو الضرب في دالة مختارة بعناية تسمى دالة ثقالية، ومن ثم نضطر إلى الانتقال إلى فضاءات سوبولاف الثقالية. وفي كثير من الأحيان، لا يمكننا فعل ذلك فنلجأ إلى توسيع فضاء الحل أكثر كما سنبينه في الفقرة الموالية بإيجاز.

6. الحلول بمفهوم التوزيعات

إن الطرق السابقة لا تقدم لنا فضاءات مُثلى للحل، فهي عادة ما تكون جزءًا من الفضاء الثنوي للفضاء الذي ينتمي إليه مؤثر الطرف الأيمن. ومن أجل ذلك نلجأ إلى خطوة إضافية تسمى البحث عن صقالة الحل، أي اختيار أقل فضاء يمكن أن ينتمي إليه حل المسألة. تعتمد هذه الخطوة على اختيار مناسب للدوال الاختبارية وبعض التعاريف والخواص المتعلقة بفضاءات سوبولاف، تجعل الحل ينتمي إلى فضاءات مُثلى.

إن هذا يبين لنا أهمية الطرف الثاني وأن صقالته تؤثر بصفة مباشرة على صقالة الحل، وأن أقصى ما يمكن أن تقدّمه النظريات السابقة هو ضمان الحل في حالة وجود الطرف الثاني ضمن الثنوي الخاص بفضاء الدوال الاختبارية المرفقة. وهذا ما تم النص عليه بصراحة في نظريات لاكس–ميلغرام وستامباخيا ومينتي–براودر.

والسؤال المتبادر للذهن: ما الذي يحدث إذا اعتبرنا طرفًا ثانيًا غشيمًا (رديء الصقالة)، كأن يكون في فضاء لوبيغ الأوسع $L^1(\Omega)$ (لا تنس أننا نتكلم عن مفتوحات محدودة)، أو حتى يفقد كونه دالة، كأن يكون قياس رادون مثلا؟

يقتضي هذا النوع من المسائل البحث عن الحلول في مجموعة أوسع، ويكون الجداء الثنوي المعتبر في المسألة (Q) بمفهوم التوزيعات، فيتم اختيار دوال اختبارية من $D(\Omega)$، بينما يتم اختيار الحلول في فضاء سوبولاف واسع مثل $W_0^{1,1}(\Omega)$.

تعتمد الطريقة باختصار على بتر المؤثر A للحصول على متتالية مؤثرات قسرية (A_k) تمكننا تطبيق إحدى النظريات السابقة للوصول على حلول تقريبية، ومن ثم إعطاء تقديرات واستعمال نظريات التقارب والكثافة للوصول إلى الحل الأصلي للمسألة (Q).

7. خلاصة

يعتبر ميدان التحليل التابعي والمعادلات ذات المشتقات الجزئية من أوسع ميادين التحليل. وكما رأينا تتمتع الدوال الاختبارية بمكانة مرموقة ضمن هذين الميدانين الواسعين، وهذا ما يبين لنا الأهمية التي تحتلها هذه الدوال. كما تبرز أهمية اختيار الدوال الاختبارية في إيجاد الحلول الخاصة بالمسائل ذات القيم الحدية المتعلقة بالمعادلات ذات المشتقات الجزئية، وكذا نظريات الكثافة ضمن مختلف الفضاءات الدالية.

مراجع

[1] Boccardo, L. and Croce, G. Elliptic Partial Differential Equations, De Gruyter, Berlin, 2014.
[2] Gallouët, T. and Herbin, R. Solutions faibles des équations aux dérivées partielles : Cours de Master 2 de mathématiques Université Aix Marseille, 2015.
[3] Garsoux, J. Espaces vectoriels topologiques et distributions, Dunod, Paris,1963.
[4] Khoan, V.-K. Distributions, analyse de Fourier, opérateurs aux dérivées partielles, Vuibert, Paris, 1972.
[5] Leray, J. Sur le mouvement d'un liquide visqueux emplissant l'espace, Acta Math. 63, 193-248, 1934.
[6] Schwartz, L. Théorie des distributions, Hermann, Paris, 1966.

رياضيات القرن 6هـ/ 12م:
حل مسائل من التقليد الرياضي العربي في الشرق الإسلامي

وسيلة غرابة
مخبر الإبستمولوجيا وتاريخ الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
أستاذة بقسم الرياضيات والإعلام الآلي، كلية العلوم، جامعة الدكتور يحي فارس، المدية
o.gheraba@yahoo.fr

مقدمة

من سمات الرياضيات في القرن السادس الهجري/الثاني عشر الميلادي، ظهور أعمال أصيلة في الرياضيات، واستثمار ومناقشة مسائل أثيرت في التقليد الرياضياتي العربي نفسه، والتي لا تُماثل المسائل التي أثيرت في مرحلة الترجمات، حيث كانت تلك المسائل تتعلق بالتراث اليوناني. فنشوء مادة الجبر وتجديده وتطويره وتطبيقه على الحساب التقليدي ساهم في تأليف بدايات التحليل العددي، من خلال تعميم طرائق استخراج الجذور وطرق تقريبها، وساهم أيضًا في اختراع كسور جديدة هي الكسور العشرية. وساهم الجبر المطور أيضًا في حل المعادلات العددية من خلال محاولة إيجاد حل جبري بواسطة الجذور للمعادلات التكعيبية. أما فيما يخص التحليل الديوفنطسي، فقد ساهم في محاولة إيجاد حلول في مجموعة الأعداد الصحيحة، خصوصًا للمعادلات المثلثية القائمة المعروفة بالثلاثيات الفيثاغورية، والتي كان تعميمها هو ما يُعرف حاليًا بمبرهنة فيرما (Fermat). كما كانت هناك أعمال ومعادلات أصيلة خاصة بمعادلات الدرجة الثانية في مجموعة الأعداد الطبيعية.

كان تطور وتجديد علم الجبر بعد الخوارزمي على مسارين: الأول حسابي، وقد أسهم فيه رياضياتيون كالكرجي (نهاية القرن العاشر وبداية القرن الحادي عشر الميلادي) والسموأل (ت. 1174م) [4]. المسار الثاني الذي تطور من خلاله علم الجبر هو الجانب الهندسي بواسطة رياضياتيين ارتبطت أعمالهم بالهندسة. وقد توصل عمر الخيام (ت. 1131م) وشرف الدين الطوسي (ت. 1213م) إلى الدراسة الجبرية للمنحنيات، حيث وضعا الأسس للهندسة الجبرية [4].

لم تُحل معادلات الدرجة الثالثة (التي كان الخيام أول من صنّف أنواعها) كما كان الأمر بالنسبة لمعادلات الدرجة الثانية بطريقة الجذور، لكن جبر الخيام، وبعده شرف الدين الطوسي، قدّما حلولًا باستخدام معادلة الدائرة والقطع المكافئ، أو بواسطة قطع مكافئ مع قطع زائد، وبالتالي كانت هذه بداية لدراسة المنحنيات الهندسية [4].

1. السموأل المغربي

بالنسبة إلى المسار الأول، أي التقليد الحسابي، فقد كان من خلال حسبنة الجبر. أكمل السموأل (ت. 570هـ/1174م) (1) أعمال الكرجي وذلك بدراسة قابلية القسمة في الحلقة $Q(x)+Q(1/x)$ وتقريب الكسور التامة بعناصر من الحلقة ذاتها وذلك للمرة الأولى. وتمكّن السموأل بالنسبة للجذر التربيعي لكثير حدود من إكمال أعمال الكرجي وتوسيعها للجذر التربيعي لكثير حدود ذي معاملات نسبية. من النتائج المباشرة لهذه الحسبنة ابتكار الكسور العشرية التي ساهمت في تطور الطرائق العددية للتقريب. يقدّم السموأل في كتابه **القوامي في الحساب الهندي** عرضًا للكسور العشرية، ويتضمن فصولًا عديدة مخصصة لمسائل التقريب، خاصة استخراج وتقريب الجذر الميمي الموجب لعدد ما [4].

نجد هذه النتائج أيضًا في كتابه **التبصرة في علم الحساب** [8]، وهو مؤلف في الحساب الهندي بقي متداولًا في اليمن حتى القرن السابع عشر، وهو ما تدل عليه نسخة نُسخت في 1084 هـ. يحتوي هذا الكتاب على حساب الكسور العشرية من خلال مثال وهو الكسر $\frac{5}{11}$ للحصول على التقريب، يضرب ويقسم بواقي القسمة الناتجة مرتين في العدد 10، ثم في 8، ثم في 5. ويذكر أنه يمكننا التقريب على أي رتبة شئنا ويمكن الضرب والقسمة على أي عدد من الأعداد التسعة، ويعطي الطريقة لإيجاد التفاوت بين القيمة الصحيحة والقيمة التقريبية للكسر، لكنه لا يعرف الدور للكسور العشرية [8]. يُقدّم ثلاث طرق لتقريب الجذور الصماء، اثنتان منهما تقريب بأجزاء عشرية، ويذكر أن أفضلها هو التقريب العشري الذي يحسبه بإضافة الأصفار بأس زوجي [8]. أساس هذه الطريقة هو نفس طريقة حساب الجذور الصماء بطريقة الأصفار في كتاب **التكملة في الحساب** لعبد القاهر البغدادي (ق. 10م) لكن الأخير يحسب الأجزاء الستينية في النظام الستيني [3].

2. عمر الخيام

لإعداد نظرية المعادلات التكعيبية وما دونها، كان على الخيام (440-526هـ/1048-1131م) (2) أن يتصور ويصوغ علاقات جديدة بين الجبر والهندسة. المفهوم المركزي الذي أدرجه في هذا السياق هو مفهوم وحدة القياس وعلاقته بالبعد، الذي سمح بتطبيق الهندسة على الجبر من خلال مناقشة مفهوم المقدار [5].

فالخيام في مقدمته التي أوردها قبل تصنيفه للمعادلات، يناقش مسألة المقادير الكمية المتصلة وهي الخط والسطح والجسم والزمان. تقابل الكميات الثلاث الأولى المقادير الجبرية: الشيء والمال والمكعب، ويذكر أن مال المال وما فوقها هي على سبيل المجاز لا تقع في المقادير، وإنّما تُستنتج بطريق نسبة المراتب بعضها من بعض. ثم قابل الكميات المتصلة والمقادير الثلاثة الأولى مع الأبعاد: البعد الواحد، والبعدان، والثلاثة أبعاد. وهو ما سمح له باستخدام وحدة الطول، ووحدة المساحة (وهي المربع)، ووحدة المجسمات (وهي المكعب) (3). هذه المفاهيم هي المذكورة من قبل ديوفنطس في كتابه **المسائل العددية**، الذي يتحدث فيه عن العدد باعتباره كثرة من الوحدات وأجزائه باعتبارها كسورًا لمقادير، ويذكر ثلاثة أنواع مختلفة للعدد: العدد الخطي وهو العدد المشارك للوحدة ويقسم بطريقة واحدة، والعدد السطحي وهو العدد المشارك بالقوة والذي يقسم بطريقتين، أي على عددين مساويين لأضلاعه، والعدد الجسمي وهو العدد المشارك وفقًا للمكعب ويقسم بطرق ثلاث [4].

كان الجبر في أعمال الخيام مختزلًا في مسألة المعادلات الجبرية، وكان عرضه الجبري محصورًا في هذا الفصل بالذات. هكذا إذن، وخلافًا للجبريين الحسابيين، أزاح الخيام من دراسته الجزء الذي اعتاد أن يحتل المكان الأكبر في أي عمل جبري معاصر، وهو دراسة القوى الجبرية وكثيرات الحدود والعمليات التي يمكن تطبيقها عليها والأعداد الصمّاء. ثم قدّم تصنيفه الخاص للمعادلات وطرح المقدمات الضرورية لكي يعالج أخيرًا بالترتيب، وبحسب تصاعد درجات صعوبتها، معادلات الدرجة الثانية ثلاثية الحدود، معادلات الدرجة الثالثة ثلاثية الحدود، معادلات الدرجة الثالثة رباعية الحدود، والمعادلات المتعلقة بمقلوب المجهول. وفي رسالته هذه، تَوصّل الخيام إلى نتيجتين: حل عام لمجمل معادلات الدرجة الثالثة بواسطة تقاطع قطعين مخروطين، وحسابات هندسية أصبحت ممكنة عن طريق انتقاء وحدة قياسية للأطوال. كما حاول الخيام إعطاء حل عددي تقريبي للمعادلة التكعيبية عن طريق جداول علم المثلثات [5].

اهتم عمر الخيام كغيره من السابقين، بالمصادرة الخامسة من كتاب **الأصول**. ففي القسم الأول من كتابه **رسالة في شرح ما أشكل من مصادرات كتاب أقليدس**، انتقد برهان ابن الهيثم واستبدله بآخر. رفض الخيام استعمال الحركات في الهندسة، وذكر أن سبب الخطأ الذي ارتكبه علماء سابقون في برهان المصادرة يعود إلى أنهم لم يعيروا الانتباه للمبادئ المقتبسة عن الفيلسوف (أي أرسطو). قدّم عمر الخيام خمسة من هذه المبادئ، وبرهن المصادرة بالاستناد إلى مصادرة

أخرى واضحة اعتبرها أكثر بساطة، مرتكزًا على الكميات المتجزئة إلى مالانهاية. وهكذا تجنب الخطأ المنطقي الذي ارتكبه أسلافه، واستخدم رباعي أضلاع له زاويتان قائمتان عند قاعدته وله أضلاع جانبية متساوية. قدّم ج. ساتشيري G. Saccheri (1667-1733م) فيما بعد الرباعي ذاته في نظريته عن الخطوط المتوازية، وكان ابن الهيثم استنادًا إلى مبدئه قد دحض إمكانية أن تكون الزوايا حادة أو منفرجة وبرهن المصادرة الخامسة [7].

في الفصلين الثاني والثالث من **رسالة في شرح ما أشكل من مصادرات أقليدس**، قدّم الخيام مساهمة هامة بتعميم العدد الطبيعي حيث عالج على التوالي نسبة المقادير إلى تركيباتها. كان محتواها امتدادًا للكتاب الخامس من **الأصول** مع إسهامات جديدة. في الفصل الثاني، استخدم مصطلح "الرابع المتناسب" لثلاثة مقادير معطاة للتأكيد على وجود مقدار رابع مرفق بنسبة معطاة، بمعنى شيء يمكن معالجته كعدد. في الفصل الثالث، قدّم "الوحدة المقسمة" والتي سمحت بتعويض مقدار مرفق بنسبة معطاة بقياس (بالنسبة إلى وحدة مختارة). هذا القياس استخدم على أنه "قيمة" لهذه النسبة، أي أنه عدد، مما سمح بتوسيع العمليات الحسابية الكلاسيكية. هذه المساهمات النظرية توسعت بواسطة طبيعة الخوارزميات التي سمحت بتحديد تقريبي للقيمة العددية للمقدار والذي كان من غير الممكن تحديده هندسيا. هكذا تمكّن شرف الدين الطوسي (ت. 610هـ/1213م) من إعطاء القيمة التقريبية الموجبة لحلول معادلات الدرجة الثالثة. وقد استطاع جمشيد الكاشي (ت. 833هـ/1429م) في **الرسالة المحيطية** حساب قيمة الخطأ بأصغر قدر يريده، والقيمة المقربة لنسبة محيط الدائرة إلى قطرها، أي العدد π [10].

3. شرف الدين الطوسي

في استمرارية لتقليد حل المعادلات الجبرية من الدرجة الثالثة الذي أحدثه الخيام، والذي بدا فيه معزولًا، ومع النصف الثاني من القرن السادس الهجري/الثاني عشر الميلادي، كان هناك خلف واحد سار قدمًا في تحليلاته مطورًا ومحورًا في العمق النظرية الجديدة، وهو شرف الدين الطوسي (ت. 1213م) (4). يستهل الطوسي رسالته بدراسة منحنيين مخروطيين يستعملهما لاحقًا وهما القطع المكافئ والقطع الزائد بالإضافة إلى الدائرة، واكتفى بمخروط ذي زاوية رأسية قائمة لكي يحصل على هذه المنحنيات، كما اكتفى بدراسة ما يلزمه منها لأجل بنائه الهندسي للجذور الموجبة التي كانت أساس تشكيل نظريته للمعادلات من خلال ترجمة المزدوجة جبرية-هندسية. وفي حله العددي، استخدم الطوسي ما يعرف حاليًا بطريقة روفيني-هورنر (Ruffini-Horner) (5)، ويلي ذلك تصنيف للمعادلات من الدرجة الثالثة، حيث اختار الطوسي ترتيبها بحسب وجود أو عدم وجود الجذور الموجبة لها [5].

يدرس الطوسي في الجزء الأول، كما فعل الخيام، البناء الهندسي للجذور الموجبة لعشرين معادلة، لأن المعادلات المتبقية يمكن إرجاعها إلى إحدى المعادلات المدروسة بواسطة التحويلات التآلفية. وعلى غرار الخيام، كان يعتمد البناء الهندسي المستوي عند إمكانية تحول المعادلة إلى معادلة من الدرجة الأولى والثانية، كما كان يعتمد البناء الهندسي بواسطة اثنين من القطوع المخروطية الثلاثة المذكورة إذا كانت المعادلات تكعيبية. خصص الجزء الثاني من الكتاب لدراسة المعادلات الخمس المتبقية التي لا يوجد فيها أي جذر موجب، ولجأ بشكل مكثف إلى التحويلات التآلفية والمسافة بين نقطة ومستقيم. وفي هذا الجزء كان التحول العميق عن نهج الخيام حيث قام الطوسي بإدخال مفهوم النهاية العظمى لعبارة جبرية، وهو ما يشير به "بالعدد الأعظم". بعدها أدخل مفهومًا، لا يختلف إلا من حيث شكل الكتابة، للمشتق. في هذه الرسالة، وللمرة الأولى في تاريخ الرياضيات على الأرجح، وجدت فكرة تحديد النهايات القصوى للعبارات الجبرية من جهة، ومن جهة أخرى دراسة تغيرات دالة كثير حدود في جوار نهاية قصوى معينة لكي يتم احتساب هذه النهاية القصوى. لم يكن الموضوع هذه المرة احتساب حجم أقصى أو مساحة قصوى، بل احتساب القيمة القصوى لدالة كثير حدود. شكّل غياب

الأعداد السالبة عائقًا ممّا استدعى الإكثار من حالات الدراسة، فاضطر الطوسي إلى الاستعانة بمعادلتين مساعدتين في المسائل [5].

ما يلاحَظ في القرن السادس الهجري/الثاني عشر الميلادي أن أعمال الرياضياتيين كانت معزولة؛ فالسموأل المغربي عاش حتى العقد السابع من هذا القرن وتوفي بعد خمسين سنة من الخيام، وعاش السموأل وعمر الخيام في منطقتين متقاربتين نسبيًا هما مراغة ونيسابور، ولكن أعمال عمر الخيام لم تُذكر في المصادر التي وصلت إلينا من أعمال السموأل.

أمّا عن القرون اللاحقة، فتُذكر أعمال الخيام وشرف الدين الطوسي عند ابن فلوس (593-637 هـ)، الذي كان مدرّسًا في القاهرة والشام، في مختصره الجبري **نصاب الحبر في حساب الجبر**، حيث قال عن معادلات الدرجة الثالثة: "فهذه خمسة وعشرون مسألة بعضها يمكن إخراجها بتلك الستة المشهورة، والتي لا يمكن إخراجها بها لابد فيها من تحقيق طريقة عمر الخيام المستخرجة من مقالات ديوفنطس لتخرج بها، فإن لم تخرج بها فلابد من طريقة الجدول الذي وضعه الإمام شرف الدين الطوسي" [9].

كما ذُكرت أعمال الخيام والسموأل وشرف الدين الطوسي أيضًا عند ابن الأكفاني (ت. 749هـ) المقيم في القاهرة في كتابه **إرشاد الطالب إلى أسنى المقاصد**، حيث يذكر الكتب المصنفة في الجبر فيقول "ومن الكتب المختصرة فيه نصاب الجبر لابن فلوس لمارديني والمفيد لابن مجلي الموصلي، ومن المتوسطة كتاب المظفر الطوسي، ومن المبسوطة جامع الأصول لابن المحلي والكامل لأبي شجاع ابن أسلم، وبرهن السموأل على مسائله بالبراهين العددية وبرهن عليها الخيام بالبراهين الهندسية" [1].

في الغرب الإسلامي، يبدو أن أعمال عمر الخيام ونصير الدين الطوسي لم تصل حتى في زمان ابن خلدون (732-808هـ/ 1332-1406م)، فهو يقول: "وقد بلغنا أن بعض أئمة التعاليم من أهل الشرق أنهى المعادلات على أكثر من الستة أجناس، وبلغها إلى فوق العشرين واستخرج لها كلها أعمالًا أتبعه ببراهين هندسية" [2].

التعليقات

(1) السموأل بن يحيى بن عباس المغربي، مهندس رياضياتي، عالم بالطب والحكمة، أصله من المغرب، سكن بغداد مدة وانتقل إلى فارس، وتوفي بمراغة.

(2) هو عمر الخيام أو الخيامي، ولد بنيسابور توفي في مسقط رأسه بنيسابور.

(3) الخيام، عمر بن إبراهيم: **رسالة على البراهين على مسائل الجبر والمقابلة** [6].

(4) هو المظفر بن محمد الطوسي، من طوس (مشهد حاليا بإيران)، رياضياتي فلكي اشتهر بالأسطرلاب الخطي، قام بالتدريس في حلب والموصل، من تلاميذه كمال الدين بن يونس، توفي ببغداد.

(5) التماثل واضح في المفردات المستعملة والعمليات المنجزة عند كل من الطوسي وفييت. ومن الثابت أن مدرسة الكرجي قد عرفت طريقة روفيني-هورنر بالنسبة إلى الطريقة الخاصة التي ذكرها الطوسي [4].

المراجع

[1] ابن الأكفاني، شمس الدين، إرشاد الطالب إلى أسنى المقاصد، ت. أ. ب. ح. و. م. سليم الآمدي، المحرر، بيروت، 1322هـ.

[2] ابن خلدون، عبد الرحمن، مقدمة ابن خلدون، المجلد 2، ت. ع. ا. م. الدرويش، المحرر، دار البلخي-مكتبة الهداية، دمشق، 2004.

[3] البغدادي، أبو منصور عبد القاهر بن طاهر، التكملة في الحساب، تحقيق أحمد سليم سعيدان، معهد المخطوطات العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، الكويت، 1985.

[4] راشد، رشدي، تاريخ الرياضيات العربية بين الجبر والحساب، المجلد 1، بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية، 1989.

[5] راشد، رشدي، الجبر والهندسة في القرن الثاني عشر، مؤلفات شرف الدين الطوسي، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 1998.

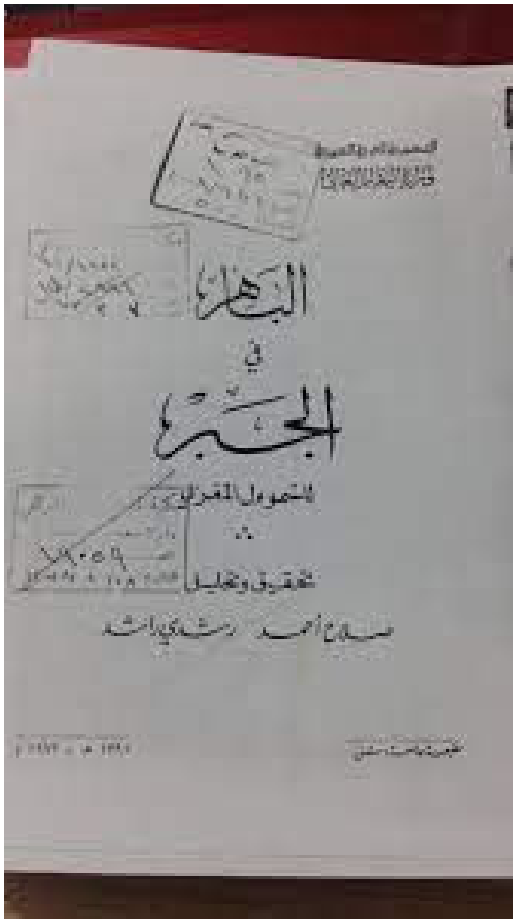
[6] رضا زاده، رحيم رضا، موسوعة الخيام: رسائله العلمية والفلسفية والأدبية، ترجمة جلال زنكابادي، منشورات أرجوان –دار التكوين، دبي، 2013.

[7] روزنفيلد، بوريس أ.، و يوشكفيتش، أدولف ب.، الهندسة، في موسوعة تاريخ العلوم العربية، ج. 2، إشراف رشدي راشد بمعاونة ريجيس مورلون، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2005.

[8] السموأل بن يحي بن عباس المغربي، التبصرة في علم الحساب، مخطوط مكتبة برلين رقم Glaser 40، ت.570هـ/1174 م.

[9] المارديني، ابن فلوس، نصاب الحبر في حساب الجبر، مخطوطة مكتبة برلين، رقم Lbg.199، من مجموع يحتل الصفحات 9-35.

[10] Djebbar, Ahmed, Les nombres et leurs propriétés en pays d'Islam, Encyclopédie de l'Islam iranienne, 2020.



في الكيمياء

علم الحركة الكيميائية

بوعلام بلعيدي[1]، سيد علي ريان[1]، بوبكر ناجمي[1]
[1]أستاذ بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
sidali.rayane@g.ens-kouba.dz

1. مقدمة: مبادئ علم الحركة

نتناول في هذه المقدمة مبادئ أساسية في علم الحركة الكيميائية، والمقصود بها هنا المنطلقات التي ينبغي لكل شارعٍ في طلب أي علم أو فن أن يبدأ بها، كما تؤكد على ذلك كتب التعليم والتعلم التراثية باللغة العربية. وفي هذا الصدد، يشير الماوردي في كتابه **أدب الدين والدنيا** إلى ما يلي: "...واعلم أن للعلوم أوائل تؤدي إلى أواخرها، ومداخل تفضي إلى حقائقها، فليبتدئ طالب العلم بأوائلها لينتهي إلى أواخرها، وبمداخلها ليفضي إلى حقائقها، ولا يطلب الآخر قبل الأول، ولا الحقيقة قبل المدخل، فلا يدخل الآخر ولا يعرف الحقيقة، لأن البناء على غير أسٍ لا يُبنى والثمر من غير غرسٍ لا يُجنى"[2]. ومن هذه المبادئ نتناول اسم الفن وموضوعه وتعريفه والفائدة أو الغاية منه.

1.1. الاسم

يُسمّى هذا الفرع من العلوم في اللغتين الأعجميتين الفرنسية والإنكليزية: Cinétique chimique و Chemical kinetics. واخترنا اسم الحركة الكيميائية لنقل هذا الاسم إلى اللغة العربية، لكون مفهوم الحركة حسب التعريف الفلسفي يشمل موضوع هذا الفرع من علم الكيمياء، وهو الحركة في الكيف. وقد عرّف الجرجاني الحركة في كتابه **التعريفات** بأنها: "انتقال الجسم من كيفية إلى أخرى"[1]. ويقول عنها أبو حامد الغزالي: "كل تغير عندهم يسمى حركة وهي مرتبطة بالزمان". ويقصد "بعندهم"، الفلاسفة. وبذلك عرّف الزمان بأنّه: "مقدار الحركة "[4]. وعرّف الجرجاني الزمان في **التعريفات** بما يلي:" عبارة عن متجدد معلوم يقدر به متجدد آخر موهوم، كما أقول آتيك عند طلوع الشمس، فإن طلوع الشمس معلوم ومجيئه موهوم".

أمّا مصطلح التغيير الذي ورد في تعريف الغزالي للحركة فقد وردت له التعريفات التالية: "هو انتقال الشيء من حالة إلى حالة أخرى"[1]، و"هو تحول صفة أو أكثر من صفات الشيء، أو حلول صفة محل أخرى، وهو أنواع: تغير في الكيف ويسمى الاستحالة، أو في الكم بالزيادة والنقص، أو في المكان ويسمى الانتقال. أما التغير في الجوهر فهو تغير بالكون أو بالفساد"[4].

وبالرجوع إلى كتب الحدود الفلسفية العربية لمحاولة وجود مصطلح مكافئ لما يعرف حاليًا بالتحول الكيميائي، أو الظاهرة الكيميائية، أو التفاعل الكيميائي، وبالتدقيق في تعريف بعض المصطلحات، ومنها نوعي التغير في الجوهر وهو تغير بالكون أو الفساد، وفي مصطلح المزاج الذي كان يستعمل في الكتب العلمية التراثية باللغة العربية. فعند الجرجاني في **التعريفات**، يُعرّف الكون بأنه: "اسم لما حدث دفعة واحدة، كانقلاب الهواء ماء، فإن الصورة الهوائية كانت ماء بالقوة فخرجت منها إلى الفعل دفعة، فإذا كان على التدريج فهو الحركة". وهو: "حصول الصورة في المادة بعد أن لم تكن حاصلة فيها". أما الفساد فهو: " زوال الصورة عن المادة بعد أن كانت حاصلة ويقابل الكون". والمَزاج هو: "كيفية مشابهة تحصل عن تفاعل عناصر منافرة لأجزاء مماسة، بحيث تكسر سورة كل منها سورة كيفية الآخر"[1].

2.1. الموضوع

أما موضوع علم الحركة الكيميائية فهو التفاعل الكيميائي (Chemical reaction). أي ينظر في عملية تغير (تحول) مواد إلى مواد أخرى، وهي تتم في الزمن حسب آلية محددة [8].

3.1. التعريف

عُرّف علم الحركة في أحد الكتب المتخصّصة كالآتي:

"La cinétique chimique est l'étude de la réaction chimique, de son mécanisme et des lois présidant à son déroulement" [8].

فعلم الحركة الكيميائية يدرس سرعة التفاعلات الكيميائية، أي تغير تركيز النواتج والمتفاعلات بدلالة الزمن، وآليتها، أي الطريق أو المراحل التي يتم بها التفاعل.

4.1. مكانة علم الحركة الكيميائية والتفاعل الكيميائي في علم الكيمياء والعلوم الأخرى [5] [7]

يصنَّف علم الحركة الكيميائية كتخصص في الكيمياء أو أحد فنونها ضمن أحد فروعها المسمى بالكيمياء الفيزيائية. والكيمياء الفيزيائية فرع له أهمية كبرى بين الفروع العلمية الأخرى، سواء كانت نظرية أم تطبيقية، وتدرس الكيمياء الفيزيائية بصورة رئيسة نوعين من المسائل:

- دراسة خواص وبنية مختلف المواد من حيث تركيبها الكيميائي.
- دراسة التفاعلات الكيميائية والأشكال الأخرى للأفعال المتبادلة بين المواد أو الدقائق (السرعة، الآلية والمقادير الترموديناميكية) بدلالة تركيبها وبنيتها الكيميائية، والظروف التي تحصل فيها، إلخ.

تقسَّم الكيمياء الفيزيائية إلى عدة أقسام أساسية مترابطة فيما بينها نذكر منها:

- بنية المادة (Structure de la matière): يدرس في هذا القسم تركيب الذرات والجزيئات وحالات تجمعها.
- الترموديناميك الكيميائي (Thermodynamique chimique): يدرس العلاقات الأساسية الناتجة عن مبادئ الترموديناميك وتطبيقها في دراسة العمليات الكيميائية والعمليات الفيزيائية-الكيميائية أي التفاعلات الكيميائية المصحوبة بتحولات فيزيائية.
- دراسة المحاليل (Les solutions): من ناحية طبيعتها وبنيتها الداخلية وخواصها الرئيسية.
- الكيمياء الكهربائية (Électrochimie): تدرس بعض خواص المحاليل الكهرليتية والتفاعلات التي تصحب بانتقال الكهرباء.
- الحركة الكيميائية (cinétique chimique): وتدرس سرعة وآلية التفاعلات الكيميائية المتجانسة وغير المتجانسة والحفز.

يبين التقسيم السابق أهمية ومكانة التفاعل الكيميائي في علم الكيمياء وعلاقته بفنونه الأخرى.

5.1. منهجية وطريقة الدراسات في علم الحركة الكيميائية

يهتم علم الحركة في دراسته بالخصائص الكمية للتغير الكيميائي وذلك بتطبيق الطرائق الرياضية المختلفة. كما تتم الدراسة بتطبيق طرائق ومقاربات حركية مختلفة. وهو بالإضافة إلى ارتباطه بفروع الكيمياء الفيزيائية المختلفة، فإنه يرتبط بفروع علمية أخرى من ناحية المنهج وطريقة العمل مثل: الكيمياء التحليلية (Chimie analytique)، والكيمياء

الكوانتية (Chimie quantique)، والتحليل الكيميائي العضوي وغير العضوي (Synthèse chimique organique et inorganique)، والفيزياء الجزيئية (Physique moléculaire)، وتحولات الحرارة والكتلة (Transfert de la chaleur et de la masse)، والفيزياء الإحصائية (Physique statistique).

6.1. الغاية والفائدة من علم الحركة الكيميائية

يمكن حصر أهداف المعارف الكيميائية، حسب التوزيع التاريخي لتطورها وحجمها من عصر الكيمياء الحرفية إلى العصر الحالي في هدف رئيسي واحد هو: "الحصول على مواد تحدد خواصها مسبقًا" وهذا يتطلب حل المسألتين التالية:

- معرفة طريقة إجراء التغيير الكيفي للمواد (تغيير مواد إلى مواد أخرى أو تكوين مواد).
- معرفة أصل خواص المادة (جانب نظري).

يعرف لحد الآن ملايين المركبات الكيميائية، منها حوالي 96% مركبات عضوية، تتركب من عدد محدود العناصر المعروفة (6-18) عنصرًا، و4% مركبات لا عضوية تتكون من 95-99 عنصرًا.

للحصول على المركبات المطلوبة، يقوم الباحث عادة بدراسة نظرية يكون الغرض منها البحث عن السبل والطرائق التي تمكنه من التحكم في تفسير وتوجيه خواص المواد إلى الحالة المطلوبة. وهذا يبين الدور الهام لعلم الكيمياء بصفة عامة وعلم التفاعل الكيميائي خاصة، الذي يتلخص في إنتاج مواد جديدة أو بديلة، وإنتاج معارف كيميائية.

يمكن أن نقدّم مثالًا عن الجانب التطبيقي، وهو يتعلق بصناعة بعض المواد المستعملة في الحياة العامة: في سنة 1960 أمكن الحصول على مواد غازية نفطية ومواد بديلة عن المواد الطبيعية بالنسب التالية: الكحول التقني 100%، مواد التنظيف 80%، الأصباغ 90%، خيوط النسيج 35%، المطاط 65%، الجلود 20%. أما في سنة 1935، فكانت المواد تستخلص بنسبة 100% من مواد غذائية حيوانية ونباتية [6]. وهذا يبرز الدور الأساسي لعلم الحركة الكيميائية في تطوير علم الكيمياء وتطبيقاته الاقتصادية.

2. مفاهيم أساسية في علم الحركة الكيميائية (تعريفات)

نعرض في هذا الجزء تعريفات المفاهيم الأساسية التي تبنى منها مبادئ وقواعد ومسائل علم الحركة الكيميائية وهي:

1.2. خطاطة التفاعل ومعادلة التفاعل

نظرًا للبس الذي يوجد عند الكثير، نحاول، في البداية، توضيح الفرق بين خطاطة التفاعل (Schéma réactionnel) ومعادلة التفاعل الكيميائي (équation de la réaction chimique). اصطلح على تمثيل التفاعل الكيميائي بخطاطة للتفاعل، نستخدم فيه رموز مواد التفاعل وإشارات مصطلح عليها تمثل بعض خصائص الظاهرة الكيميائية، وهو يعبر عن الخصائص الكيفية للتفاعل ومواده. تتحول هذه الخطاطة إلى معادلة تفاعل عندما تضبط المعاملات الكمية للخطاطة لتحقيق خاصية تساوي عدد ذرات مواد التفاعل وعدد شحنات الشوارد في طرفي الخطاطة للتعبير عن قانوني انحفاظ الكتلة والشحنة، وهو ما يعبر عنه خطأ بموازنة المعادلة، والصحيح هو موازنة خطاطة التفاعل لتتحول إلى معادلة للتفاعل. وتتحقق في حالة معادلة التفاعل قوانين التفاعلات الكيميائية المختلفة، وهي: قانون حفظ الكتلة للافوازيه (Lavoisier) 1755، وقانون النسب الثابتة لبروست (Proust) 1799، وقانون النسب المتعددة لدالتون (Dalton) 1809، وقانون المكافئات لريشتر (Richter) 1792-1800، وقانون النسب بين أحجام الغازات المتفاعلة لغي لوساك (Gay-Lussac) 1823. وبذلك فإن المعادلة تعبر عن الخصائص الكيفية والكمية للتفاعل [8]. فمثلا يمكن كتابة خطاطة تفاعل غاز الأكسجين وغاز الهيدروجين لإنتاج الماء في الحالة الغازية كالآتي:

$$H_{2\ (g)} + O_{2\ (g)} \rightleftarrows H_2O_{\ (g)}$$

حيث نلاحظ عدم تساوي عدد ذرات الأكسجين في الطرفين. وحسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) يصطلح على كتابة معادلة تفاعل غاز الأكسجين وغاز الهيدروجين لإنتاج الماء الغازي في الظروف المختلفة كالتالي:

- عند التعبير عن التفاعل المباشر: أي من المتفاعلات إلى النواتج:

$$2H_{2\ (g)} + O_{2\ (g)} \rightarrow 2H_2O_{\ (g)}$$

- عند التعبير عن التفاعل في الاتجاهين أي المباشر والعكسي:

$$2H_{2\ (g)} + O_{2\ (g)} \rightleftarrows 2H_2O_{\ (g)}$$

- عند التعبير عن التفاعل في حالة التوازن: وهي حالة تكون فيها قيم تراكيز مواد التفاعل ثابتة بالرغم من تقدم التفاعل في الاتجاهين:

$$2H_{2\ (g)} + O_{2\ (g)} \rightleftarrows 2H_2O_{\ (g)}$$

- عند التعبير عن بعض العلاقات الكمية والكيفية بين النواتج والمتفاعلات كما في حالة تطبيق قانون حفظ الكتلة أو قانون حفظ الشحنة وغيرها:

$$2H_{2\ (g)} + O_{2\ (g)} = 2H_2O_{\ (g)}$$

وتكتب المعادلة الكيميائية بالشكل العام التالي:

$$\sum_{i=1}^{l} \gamma_i A_i \rightleftarrows \sum_{j=1}^{m} \gamma_j B_j$$

A_i : الرمز الكيميائي للمتفاعل i. B_j: الرمز الكيميائي للمتفاعل j.

γ_i: المعامل الستكيومتري للمتفاعلi. γ_j: المعامل الستكيومتري للمتفاعل j [6].

من الضروري أحيانًا أن نوضّح الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة في المعادلة الكيميائية، حيث يرمز إلى المادة الموجودة في الحالة الصلبة (Solide) بالرمز (s) أو (↓)، وفي الحالة السائلة (Liquide) بالرمز (l)، وفي الحالة الغازية (Gas) بالرمز (g) أو(↑) . أما المواد المنحلة في الماء أي الموجودة في المحلول المائي (Aqueux) فيرمز إليها بالرمز (aq). وفي بعض الأحيان توضع رموز فوق سهم المعادلة لتدل على ظروف التفاعل. فمثلًا، إذا كان التفاعل يتم تحت درجة حرارة عالية فإنه يستخدم الرمز (Δ) ليدل على التسخين، وقد تكتب درجة الحرارة عوضًا عن الرمز (Δ) فوق السهم. وإذا استعمل حافز في التفاعل فإن صيغته تكتب فوق السهم [3].

2.2. التفاعل الأولي

التفاعل الأولي (Acte chimique élémentaire, Réaction (stade) élémentaire) هو تغير دقيقة أو عدة دقائق من الجزيئات أو الجذور أو الشوارد إلى دقائق أخرى (أي نوع آخر) في زمن من مرتبة 10^{-13} ثانية. على أن تكون الدقائق المتفاعلة متلامسة. ويعبّر عن التفاعل الأولي بمعادلة كالآتي [8]:

$$CH_3\text{-}CH_3 \rightarrow 2CH_3^*$$
$$Cl^- + CH_3OH \rightarrow OH^- + CH_3Cl$$
$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

3.2. آلية التفاعل الكيميائي

آلية التفاعل الكيميائي (Mécanisme de la réaction chimique) هي الطريق الذي تسلكه مواد التفاعل من الحالة الابتدائية إلى الحالة النهائية مرورًا بالحالات الوسطية، أي تختفي وتتشكل خلاله المواد المتفاعلة والمواد الوسطية وتتكون النواتج النهائية. فالآلية هي مجموعة المراحل الأولية، أي التفاعلات الأولية التي تمثل تغير المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة.

- **خطاطة حركة التفاعل** (Schéma de la cinétique de la réaction): هي مجموعة معادلات التفاعلات الأولية المقترحة التي تعبر عن التفاعل العام.
- **التفاعل البسيط** (Réaction simple) و**التفاعل المعقد** (Réaction complexe): التفاعل البسيط يتم وفق نفس التفاعلات الأولية، أي مراحل وحيدة نعبّر عنها بمعادلات بسيطة (مثل التفاعل الأولي). أما التفاعل المعقد فيتم وفق أنواع مختلفة من التفاعلات الأولية، تتكون عادة أثناء التفاعلات المعقدة مواد وسطية تخضع لتغيرات.

ويمكن اختصار الفرق بين التفاعلات البسيطة والتفاعلات المعقدة في الخصائص الحركية التالية [7]:

التفاعل البسيط	التفاعل المعقد
1- تركيب نواتج التفاعل بسيط، ولا يعتمد على ظروف تقدمه (درجة الحرارة، التركيز الابتدائي، إلخ).	1- يمكن أن يتغير تركيب النواتج بدلالة تغير ظروف التفاعل (درجة الحرارة، التركيز الابتدائي، زمن التفاعل، إلخ).
2- رتبة التفاعل تساوي عددًا تامًا n=1,2,3.	2- رتبة التفاعل يمكن أن تساوي عددًا تامًا n=1,2,3، أو كسريًا (غير تام).
3- المعاملات الكمية (الستكيومترية) تكون دومًا مساوية لقيم الرتبة.	3- قيم المعاملات الكمية وقيم الرتبة يمكن أن تكون مختلفة.
4- إضافة مواد لا تؤدي إلى تغيير خصائص الوسط (الضغط P، ε_0 ثابت العزل الكهربائي، القوة الشاردية) ولا يؤدي إلى تغير سرعة التفاعل.	4- إضافة كمية قليلة من المركبات يمكن أن تسرع (حوافز، مساعدة على بدء)، أو تثبط (مثبطات) تقدم التفاعل.
5- سرعة التفاعل لا تتعلق بأبعاد ومادة إناء التفاعل.	5- مادة وأبعاد الإناء يمكن أن تؤثر على سرعة التفاعل (الحفز، مساعد على البدء، بداية وكسر الربط على جدار الإناء).
6- قيمة طاقة التنشيط دومًا موجبة $E\geq 0$ (الاستثناء في حالة التفاعلات الثلاثية الجزيئات السريعة).	6- طاقة التنشيط يمكن أن تكون موجبة أو ناقصة أو متغيرة (عند تغير قيم درجة الحرارة في مجال كبير).
7- عند تغير ظروف حدوث التفاعل مثل الضغط والتركيز ودرجة الحرارة، تتغير سرعة التفاعل تغيرًا طفيفًا (تتناسب مع x^n حيث x هو العامل المتغير، مقدار n صغير مثل 1،2،3.	7- في بعض الحالات مثل: التفاعلات المتسلسلة وتفاعلات الحفز الذاتي (Autocatalyse) والتفاعلات اللاإيزوترمية، يلاحظ ظاهرة حرجة، حينما يؤدي التغير الصغير في الظروف التجريبية إلى تغير كبير في سرعة التفاعل (إلى عدد من المرتبات). إما تحدث عملية انفجار في التفاعل أو بالعكس يتوقف التفاعل.

- **مركز نشاط التفاعل الكيميائي** (Centre actif d'une réaction chimique): هو ناتج وسطي غير مستقر في التفاعل المعقد، يشارك في تغيير متفاعلات أو نواتج وسطية.
- **التفاعل الكيميائي المتجانس** (Réaction chimique homogène): يتم التفاعل في طور واحد.
- **التفاعل الكيميائي غير المتجانس** (Réaction chimique hétérogène): يتم التفاعل في الحد الفاصل بين طورين.

- **تفاعل أحادي الجزيء** (Réaction monomoléculaire): تفاعل بسيط، وهو تفاعل أولي لدقيقة واحدة. مثال:

$$CH_3(CH_2)_3CH_2O^* \rightarrow CH_3^*CH(CH_2)_2CH_2OH$$

- **تفاعل ثنائي الجزيء** (Réaction bimoléculaire): تفاعل بسيط، وهو تفاعل أولي لدقيقتين. مثال:

$$RH + O_2 \rightarrow R^* + HO_2^*$$
$$H^* + Cl_2 \rightarrow HCl + Cl^*$$

- **تفاعل ثلاثي الجزيء** (Réaction trimoléculaire): تفاعل بسيط، وهو تفاعل أولي يتم بين ثلاث دقائق. مثال:

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

- **الحافز** (Catalyseur): مادة دورها المساعدة على بداية أو تسريع التفاعل الكيميائي. لا يستهلك الحافز في التفاعل الذي يحفزه، يمكن أن يستهلك أو يفقد نشاطه نتيجة تفاعلات أو عمليات أخرى.
- **المثبط** (Inhibiteur): مادة مثبطة ومعرقلة لسير التفاعل. في الحالة العادية يكون تركيزه أقل بكثير من تركيز المتفاعلات، وسرعة زواله أقل بكثير من سرعة التفاعل.
- **جملة متفاعلة مغلقة** (Système fermé): في علم الحركة هي نظام من المواد المتفاعلة لا تتبادل المادة مع المحيط، ويحدث تبادل في الطاقة بين النظام والمحيط.
- **جملة متفاعلة مفتوحة** (Système ouvert): هي نظام من المواد المتفاعلة تتبادل المادة والطاقة مع المحيط.

المراجع

[1] الجرجاني، الشريف علي بن محمد، معجم التعريفات، دار الفضيلة، القاهرة، 2004.

[2] الحسن، عبد الله يوسف، ربانية التعليم، دار البشير للثقافة والعلوم، طنطا، 1997.

[3] الزامل، إبراهيم، وآخرون، التفاعلات الكيميائية: الكتاب المرجع، المنظمة العربية للثقافة والعلوم والثقافة، تونس، 1987.

[4] مجمع اللغة العربية مصر، المعجم الفلسفي، الهيئة العامة لشؤون المطابع الأميرية، القاهرة، 1983.

[5] ناجمي، بوبكر، الحركة الكيميائية، دروس مقدمة للسنة النظرية في ماجستير الدراسة الفيزيائية والكيميائية للعمليات البيئية (غير منشورة)، المدرسة العليا للأساتذة، القبة.

[6] ناجمي، بوبكر، معادلة التفاعل الكيميائي، ملتقى وطني حول العلوم الفيزيائية (16-18) ديسمبر 1995، مركز تكوين الإطارات التربوية-الحراش- الجزائر، 1995.

[7] Denisov, E.T., Cinétique des réaction chimiques homogènes (en russe), Editions Vichaya Chkola, 1978.

[8] Emanuel, N., Knorre, D., Cinétique chimique, Traduit du russe par Anissimov, A., Editions Mir, Moscou, 1975.

مبادئ التحليل الطيفي باستعمال الرنين المغناطيسي النووي (NMR)

خليل قليفط [1]، عبد الحميد زغداوي[2]

[1]مخبر البحث على المواد الفعالة وتثمين الكتلة الحية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

[2]مخبر ن-جسم وبنية المادة، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

khalil.guelifet@g.ens-kouba.dz

1. مقدمة

تعتبر أطياف الرنين المغناطيسي طريقة فيزيائية وكيميائية حديثة تفيد في تحليل المركبات العضوية وغيرها، كما تفيد في التعرف على الشكل الفراغي للجزيئات. وهي أطياف تخص أنوية الذرات التي تمتلك عددًا مفردًا من البروتونات بشكل عام "مع بعض الشواذ". كان أول من اكتشف الرنين المغنطيسي هو إزيدور إسحق رابي Isidor Isaac Rabi، وهو فيزيائي أمريكي ولد في النمسا، وكان هذا الاكتشاف عام 1938.

تمتاز هذه الطريقة عن غيرها بدقة معلوماتها، وتختلف عن أطياف الأشعة تحت الحمراء التي نتائجها ليست دائمًا دقيقة وتحتمل أحيانًا عدة تأويلات واحتمالات. بالإضافة إلى ذلك، فإن أطياف الأشعة ما تحت الحمراء نقطية، أي تعطينا فكرة عن تركيب المادة في نقطة سقوط الأشعة الكهرومغناطيسية عليها. أما أطياف الرنين المغناطيسي فتمثل متوسط تركيب المادة، أي أن الطيف يمثل تركيب المادة كاملة وليس نقاطًا منها.

2. اللف الذاتي السبيني

يُعتقد أن كل الجسيمات الذرية من إلكترونات وبروتونات تتمتع بلف ذاتي. وبما أن نواة ذرة الهيدروجين تتألف من بروتون واحد، فهي إذن تدور ولها سبين نووي. يخضع السبين النووي لنظرية الكم الفيزيائية، وهذا يعني أن عزم السبين يتغير بقيم منفصلة تساوي ثابت بلانك h أو مضاعفاته.

ظهر هذا العدد، أي السبين، سنة 1925، بعد اقتراحه من جورج أولنبيك (George Uhlenbeck) وَصموئيل جودسميت (Samuel Goudsmit) لتفسير مزدوج الصوديوم وبعض الظواهر الأخرى، مثل تأثير الحقل المغناطيسي الخارجي على الذرات. وهو العدد الكمي الرابع، لم يظهر في النظرية الكمية وإنما ظهر في النظرية التي طورها ديراك (Dirac) سنة 1928، والذي مزج بين النظرية الكمية والنسبية وخرج بتابع يصف الإلكترون الذي هو عبارة عن جداء التابع الموجي والتابع الذي يصف السبين.

مطيافية الرنين المغناطيسي النووي (NMR) هي صيغة أخرى لمطيافية الامتصاص يمكن مقارنتها بالمطيافية فوق البنفسجية وتحت الحمراء. فتحت شروط ملائمة للحقل المغناطيسي، تستطيع العينة أن تمتص إشعاعات كهرومغناطيسية في مجال تواترات الراديو من 300مم إلى 10م وهذه التواترات تتعلق بخصائص العينة.

إن البروتونات والنيترونات، مثل الإلكترونات، لها عزوم حركية سبينية (لفية). تتراكب هذه العزوم العنصرية فيما بينها لتشكل المحصلة التي يُعبّر عنها بالعدد الكمي السبيني النووي الكلي I. تكون هذه المحصلة معدومة عندما تكون كل النيكليدات مقرونة، وتأخذ مضاعفات النصف في حالة وجود نيكليدات غير مقرونة. الأنوية الأكثر استخدامًا في مطيافية الرنين المغناطيسي النووي هي ^{1}H و^{13}C.

إن التأثير المتبادل بين السبين النووي والحقل المغناطيسي، حسب قوانين الكهرومغناطيسية التقليدية الناتجة من دقيقة مشحونة تدور حول محور - كهربائي دائري، يولد عزم ثنائي القطب μ، مرتبط بشحنة الدقيقة وكتلتها ومعامل لاندي (Landé) g_I الذي يميز الدقيقة ويمكن حسابه.

في غياب الحقل المغناطيسي الخارجي H_0، تكون لحالات السبين النووية نفس الطاقة المرتبطة بالأعداد الكمية (2/1+)، (2/1-). في وجود حقل مغناطيسي خارجي، تكتسب النواة تكسب طاقة إضافية مقدارها $E= \mu H_0$ مما يؤدي إلى وجود فرق في الطاقة مقداره:

$$\Delta E = \frac{\gamma h}{2\pi} H_0$$

وهي العلاقة الأساسية للرنين النووي المغناطيسي (NMR).

في وجود الحقل المغناطيسي الخارجي، تحدث إثارة للالكترونات تؤدي إلى تباعد مستويات الطاقة فتتجه الحقول الخاصة بالنواة إما في نفس الاتجاه أو في اتجاه معاكس لـ H_0. يمكن للبروتون امتصاص كمية من الطاقة تساوي طاقته، عندئذ نقول إن شروط الرنين قد تحققت. يمكن حساب تواتر الرنين من علاقة الامتصاص $\Delta E=h\upsilon$ والعلاقة الأساسية للرنين النووي المغناطيسي وهي موجودة في سلم تواترات الراديو.

3. الانزياح الكيميائي

الانزياح الكيميائي هو الفرق في وضعية الامتصاص في مطيافية الرنين المغناطيسي النووي (NMR) الذي سببه المحيط النووي الكيميائي للأنوية، ويُرمز له بـ δ، وهو يُعبر عن تواتر تجاوب الأنوية. حيث هو النسبة بين فرق تواتر تجاوب النواة وتواتر تجاوب أنوية المرجع على تواتر الجهاز. ويعطى بوحدة ppm أي جزء من المليون، ويمكن التعبير عنه بوحدة الهرتز(Hz). تطبيقيًا، قيم الانزياح المطلق صعبة التحقيق، ولهذا الغرض تُستعمل حقول مرجعية. بالنسبة للبروتونات، نستخدم رباعي ميثيل سيلان $Si(CH3)_4$ (TMS) كمرجع، وذلك لكونه يمتاز بعدة مزايا منها: خامل كيميائيا، متطاير بدرجة غليان 27° م، ينحل في معظم المحاليل العضوية، يعطي عصابة امتصاص واحدة في الحقول المرتفعة وذلك لأن بروتوناته تمتاز بثابت حجب كبير بسبب الكهروجابية (S). في حالة استخدام الماء أوكسيد الدوتيريوم كمحلات، فإن (TMS) يُستعمل كمرجع خارجي ويحل محله بروتونات 2،2-، ثنائي مثيل -2-سيلابنتان -5- سولفونات الصوديوم (DSS) كمرجع. لكن هذا لا يمنع استخدام جزيئات أخرى كمرجع في مكان (TMS) أو (DSS) كالأسيتونتريل وَالديوكسان.

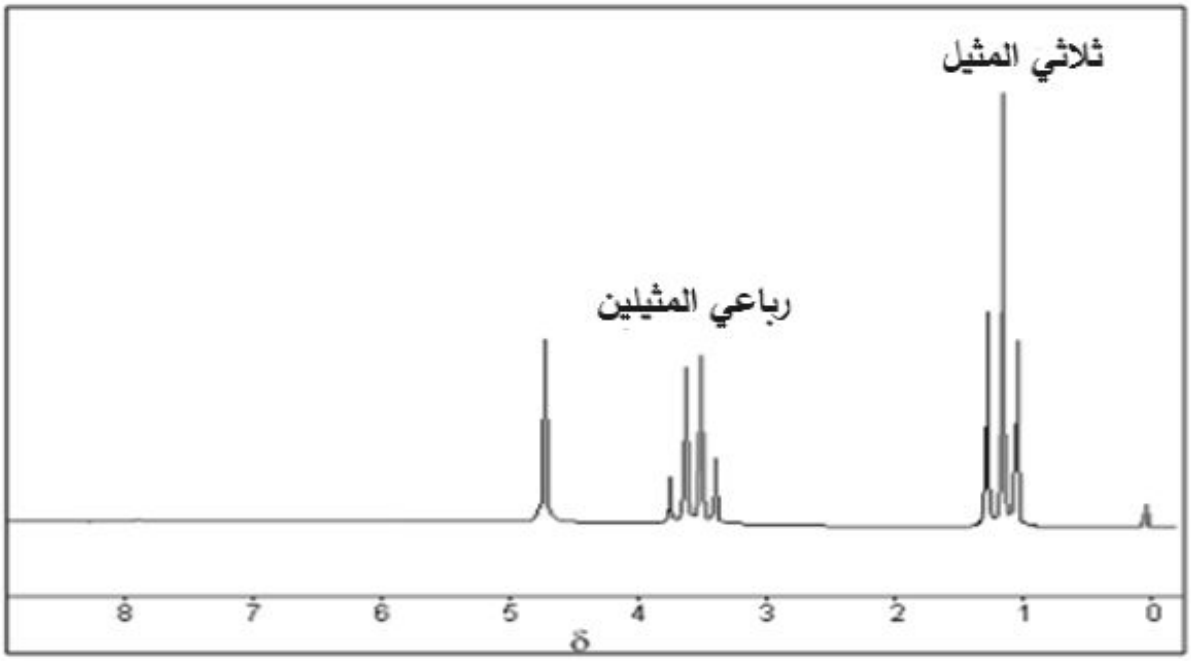
4. العوامل المؤثرة في الانزياح الكيميائي

إن الذرات التي تمتاز بكهروسلبية عالية تسبب انزياحات نحو الحقول الضعيفة، ودرجة هذه الإزاحة تتناسب طردًا مع كهروسلبية الذرات وكذلك المسافة التي تفصلها عنها. تسبب إلكترونات الحلقة البنزينية هي الأخرى انزياحات نحو الحقول المنخفضة للبروتونات الموجودة في جوارها. تعمل إلكترونات الرابطة الإستيلينية على حجب بروتوناتها، وبالتالي يحدث تجاوب عند الحقول العالية.

- في حالة الجذور الألكيلية تكون انزياحاتها على الترتيب التالي $CH>CH_2 > R\text{-}CH_3$.
- الذرات التي تمتاز بكهروجابية عالية مثل السيليكون Si تحجب بروتونات المجموعات الميثيلية ويحدث الرنين عند الحقول المرتفعة.

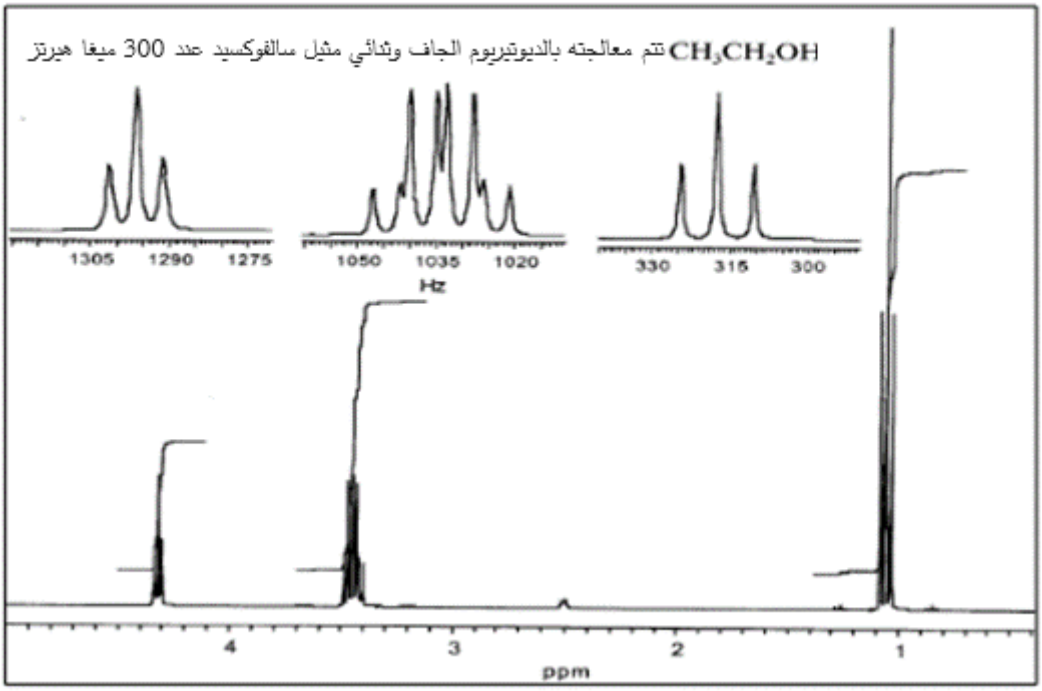
يُفسر الجسر الهيدروجيني، على سبيل المثال، لماذا يتعلق الانزياح الكيميائي للبروتون الكحولي بالتركيز، درجة الحرارة، والمحل. يخفف الجسر الهيدروجيني من الكثافة الإلكترونية حول البروتون، وبالتالي ينزاح امتصاصه نحو الحقول المنخفضة. تأثير هذا الجسر الهيدروجيني البيئي يقل مع التخفيف، باستخدام محل غير قطبي، وبازدياد درجة الحرارة. أما التخفيف بمحلات قطبية فيجعل الأمر أكثر تعقيدًا بسبب تشكيل جسور هيدروجينية بين المحل والبروتون. تعتبر مطيافية الرنين المغناطيسي النووي أداة هامة لدراسة الجسور الهيدروجينية.

يؤثر التبادل السريع للبروتون على التزاوج. فعلى سبيل المثال، تظهر إشارة بروتون الإيثانول CH_3-CH_2-OH على شكل إشارة أحادية كما يوضح الشكل 1. يعود سبب ذلك إلى التبادل السريع الذي ينتج عن وجود شوائب حمضية تحفز هذا التبادل في البروتونات المجاورة له، وبالتالي لا يحدث تزاوج. يمكننا تقليل سرعة هذا التفاعل بإضافة كمية قليلة من بلا ماءات كربونات الصوديوم أو الألومين، إلخ.



الشكل1. تأثير التبادل السريع للبروتون على التزاوج

فاستعمال الأسيتون أو DMSO كمحلات يقلل بشكل معتبر من هذا التبادل، وبالتالي تظهر البروتونات الهيدروكسيلية للكحولات الأولية على شكل ثلاثية، والثانوية على شكل ثنائية، وأحادية بالنسبة للكحولات الثالثية، كما يوضح الشكل 2.



الشكل2. تأثير المذيب على الانزياح

تؤثر قوى فان دير فالس (van der Waals) على الانزياح الكيميائي، حيث تَظهرُ تأثرات فراغية قوية بين البروتون والزمر المجاورة له (والتي يمكن أن تكون بروتونات أيضًا) عندما تكون هذه الزمر قريبة في موضعها الفراغي بسبب هندسة الجزيء. وتنتج هذه التأثيرات الفراغية من تداخلات وتأثيرات أنصاف أقطار فان دير فالس.

يُحدِثُ وجود زمرة ما في الموضع γ بالنسبة للبروتون اختلالًا فراغيًا في الكثافة الإلكترونية (نتيجة التنافر بين الزمرة والبروتون) فتستقطب الرابطة ويدفع بالشحنة نحو ذرة الكربو ، مما يقلل من التناظر السطحي الكروي للكثافة الإلكترونية، والذي بدوره يسبب مساهمة مغناطيسية طردية في ثابت الحجب، ويصبح البروتون معرى ويتجاوب عند حقل منخفض غير اعتيادي. في حين يتحرك الانزياح الكيميائي للكربون نحو الحقل المرتفع بسبب زيادة الكثافة الإلكترونية حول ذرة الكربون، فيؤدي إلى حجبها. ويُدعى هذا التأثير بالتأثير جاما (γ-effect) لأن البروتون المتأثر يكون في الموضع γ بالنسبة للبروتون (أو الزمرة) المؤثرة عليه. وتوجد أمثلة كثيرة على هذه الحالة في الدوريات المختصة المختلفة.

تُظهر الدراسات بأن التدافع الناشئ عن قوى فان دير فالس يمكن أن يسبب انزياحًا ضئيلًا نحو الحقل المنخفض بمقدار 1 ppm كحدٍ أعظمي.

5. التزاوج السبيني

إن ظاهرة التزاوج سبين-سبين تحدث بين البروتونات وتتم بوساطة من الإلكترونات (تزاوج غير مباشر)، حيث يتأثر سبين الإلكترون بسبين البروتون القريب منه، وهذا الإلكترون يؤثر بدوره على سبين الإلكترون الثاني المكون للرابطة المشتركة وبالتالي على البروتون المحمول على الذرة المجاورة. وبصفة عامة، فإن هذه الظاهرة لا يتعدى مفعولها ثلاث روابط إلا في شروط استثنائية مثل وجود ضغط حلقي في الحلقات الصغيرة (الضيقة) أو الأنظمة المجسرة، وكذلك فعل الميزوميرية في الحلقات الأروماتية أو الأنظمة المترافقة الأخرى.

تعطى ثوابت التزاوج سبين-سبين بين البروتونات دائمًا بالهرتز، وتعطينا هذه الثوابت معلومات مفيدة جدًا حول البنية الكيميائية. قبل الحديث عن العوامل المؤثرة في ثوابت التزاوج، يجب توضيح طبيعة المعلومات التي يمكن جمعها بعد القياس الدقيق لثوابت التزاوج.

على سبيل المثال، يمكن أن يكون للرابطة المضاعفة C=C ثنائية الاستبدال ثلاث مماكبات مختلفة: trans وcis وgeminal، حيث انطلاقا من حساب ثابت التزاوج بين البروتونات المرتبطة بالرابطة المضاعفة C=C أن نحدد بدقة مكان هذه المتبادلات. حلقة بنزن أيضًا لها أكثر من متبادل (حيث يعتمد عدد المماكبات على عدد المتبادلات)، ويمكننا تحديد المكان الدقيق لهذه المتبادلات بسهولة بحساب ثوابت التزاوج بين البروتونات المرتبطة بحلقة البنزن. تتشكل خلال التفاعل الكيميائي مماكبات بنيوية مثل المماكبين exo/endo أو المماكبين syn/anti، ويمكننا التمييز بين هذه المماكبات المتشكلة في معظم الحالات بواسطة ثوابت التزاوج.

إضافة لذلك، يمكن دراسة العمليات الحركية الموجودة في مركب ما بمساعدة ثوابت التزاوج، وحتى يمكننا دراسة الزوايا الثنائية المتشكلة بين النوى المتزاوجة والتحديد التقريبي لأطوال الروابط بواسطة ثوابت التزاوج. وفي الخلاصة، تزودنا ثوابت التزاوج بمعلومات مفيدة حول بنية الجزيئات وتشكيلها وامتثالاتها.

6. الجهاز المستعمل

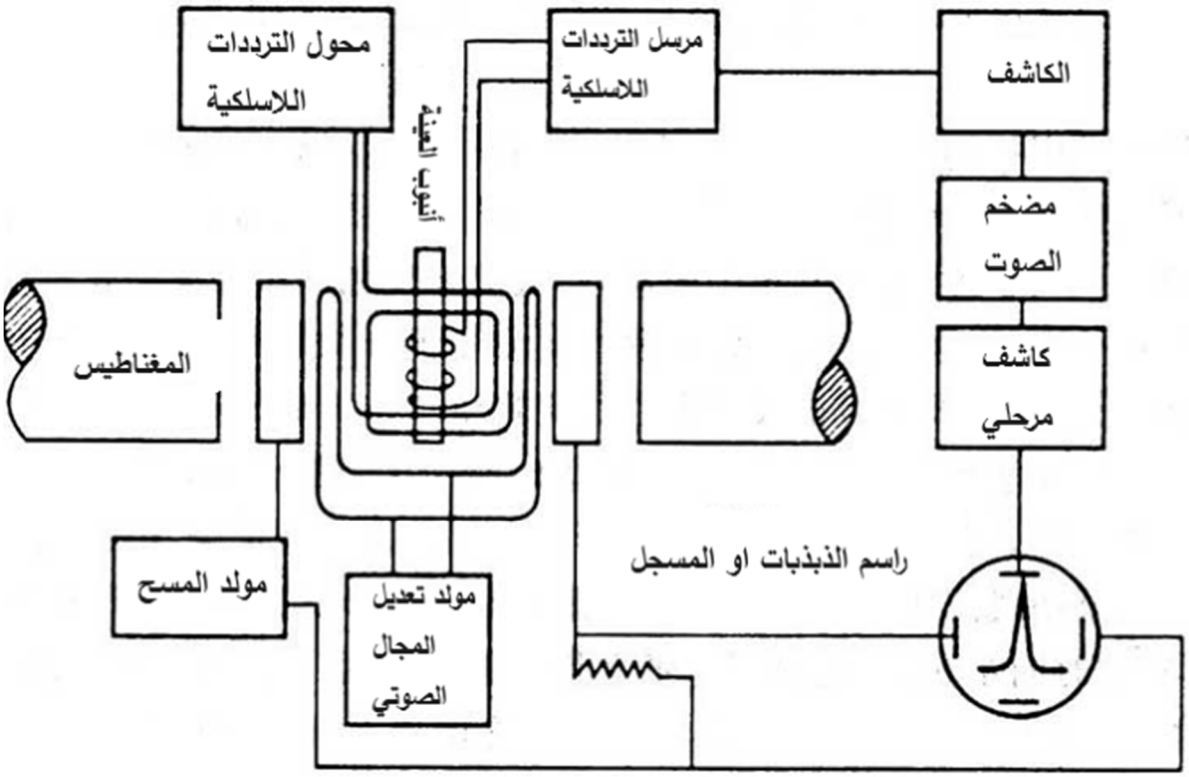
أهم جزء في جهاز NMR هو المغناطيس، كما يوضح الشكل 3، لأن حساسية ودقة مقياس الطيف يعتمدان على جودته. تزداد حساسية ودقة جهاز اختبار NMR مع زيادة قوة المجال المغناطيسي. يجب أن يخلق المجال المغناطيسي المستحث، الذي تم إنشاؤه، بيئة متجانسة ومستقرة وقابلة للتكرار للعينة، ولهذا يُستخدم كل من المغناطيس الدائم والمغانط الكهربائية في هذا الجهاز بشكل واسع، وعادة تكون هذه المغانط على شكل سلك ملتف.

يرتبط الجزء الأكبر من جهاز NMR بالخزان الذي لديه مهمة تبريد الأسلاك فائقة التوصيل، وهذا المبرد مملوء بسائلين شديدي البرودة هما الهليوم والنيتروجين، حيث تصل درجة حرارتهما إلى 269-درجة مئوية.

يحتوي الجهاز كذلك على ماسح للمجال المغناطيسي، حيث يوضع زوج من اللفات يجعل المجال المطبق يتغير بمقدار صغير من خلال تغيير التيار المباشر بين هذه اللفات. تتحقق بذلك القدرة على تغيير المجال الفعال دون فقدان التجانس، ويصل مدى هذه التغييرات إلى عدة مئات من الملي. عادةً، بالنسبة لجهاز 60 ميجاهرتز، يكون نطاق المسح الميداني حوالي 1000 هرتز، حيث يتم توفير مصدر الطاقة المطلوب لتغيير اتجاه دوران البروتونات أو النوى غير البروتونية بواسطة مصدر تردد الراديو. هذا التردد هو نتيجة المصدر ونقله إلى زوج من اللفات المتعامدة مع مسار المجال، مما يسبب الاستقطاب. يجب أن يُصدر المصدر دائما ترددًا ثابتًا وأن يكون قابلًا للاستخدام في التحليل عالي الدقة.

الخلية هي المكان الذي توضع فيه العينة لاختبار NMR، وهي أنبوب زجاجي بقطر 5 مم. يمكن أيضًا استخدام الأنابيب الأصغر حجمًا للعينات ذات الحجم الأصغر. عندما تدخل العينة إلى الجهاز، يقوم تيار سريع من الهواء بتدوير حجرة العينة لإعداد عينة أكثر اتساقًا للفحص.

يُنتج إعادة توجيه الدورات إشارة تردد لاسلكي حينما تمتص العينة الطاقة، حيث يتم الكشف عن الإشارات الناتجة عن صدى النوى بواسطة ملف يحيط بحاوية العينة ويكون عموديًا على ملف المصدر. تكون الإشارات الكهربائية المنتجة صغيرة ويجب تضخيمها بمعامل 105 أو أكثر ليتم تسجيلها.



الشكل3. رسم تخطيطي لجهاز مطيافية الرنين المغناطيسي النووي

7. العينات المستعملة

يجب أن تكون العينات قابلة للذوبان لإجراء مطيافية NMR، ومن الأفضل استخدام مذيبات خاصة لا تحتوي على بروتونات. المذيب الأكثر شيوعًا هو "الكلوروفورم"، حيث يحتوي على "الديتيريوم" بدلًا من الهيدروجين، ويُستخدم هذا المذيب عادة للمركبات غير القطبية. تُستخدم مذيبات أخرى مثل الأسيتون، ثنائي ميثيل سلفوكسيد، والماء لتحليل المزيد من المركبات القطبية. وعادة ما يُستخدم رباعي ميثيل سيلان (TMS) كمركب مرجعي.

يتم تدوير محلول العينة في أنبوب خاص في المركز المغناطيسي. ويتم وضع جميع أجزاء المحلول تحت مجال مغناطيسي موحد نسبيًا من خلال تدوير العينة حول محورها.

لمطيافية NMR عدة أنواع نذكر منها الموجة المستمرة (Continuous Wave (CW)). هذه المطيافيات هي الأقدم، وتعمل بشكل مشابه لطرق الامتصاص؛ أي تسجل إشارة الامتصاص للعينة من مصدر يتم تحليله في نطاق الترددات الراديوية. قد يكون في بعض أجهزة CW تردد المصدر مستقرًا، لكن شدة المجال قد تكون متغيرة. الأطياف المسجلة بهذا النوع من مطيافية تحليل NMR هي أطياف مجال التردد، لأن التغيير في موضع القمم يُحسب من اختلاف التردد مع المعيار المرجعي TMS.

8. تحويل فوريه

معظم أجهزة الطيف الكهرومغناطيسي اليوم تعتمد على تحويل فوريه. وقد تم تجهيز هذه الأجهزة المطيافية بمغناطيسات فائقة التوصيل. في هذه الطريقة، تُستخدم طاقة قوية ولكنها قصيرة المدة تسمى النبضة التي تثير كل النوى

في الجزيء في نفس الوقت . يتم تشغيل وإيقاف مصدر مولد تحليل NMR عالي الطاقة بسرعة لتوليد النبض، مما ينتج عنه نبضة تمتد على نطاق من الترددات المتمركزة على نطاق التردد الأصلي.

نظرًا لأن الجزيء يحتوي على العديد من النوى المختلفة، يتم إصدار ترددات مختلفة من الإشعاع الكهرومغناطيسي في نفس الوقت. يسمى هذا الإشعاع موت الحث الحر (free induction decay). الأطياف المسجلة بهذا النوع من مقياس الطيف هي أطياف المجال الزمني (time domain).

إن جميع النوى تفقد في النهاية طاقة الإثارة، وتقل شدة FID بمرور الوقت. في الواقع، FID عبارة عن مزيج متكيف من جميع ترددات الإشعاع ويمكن أن يكون شديد التعقيد. لتحويل إشارة FID المعقدة والحصول على الترددات الفردية المتعلقة بنوى مختلفة وأخيرا توفير الطيف، يتم عادة استخدام الطريقة الرياضية لتحليل تحويل فوريه (FT).

9. فوائد استعمال الرنين المغناطيسي النووي

تكمن فائدة مطيافية الرنين المغناطيسي النووي في:

- شدة تواتر رنين البروتون تتغير من نواة إلى أخرى، مثلا رنين البروتون لذرة الهيدروجين عند 42,576 ميجاهرتز والكربون عند 10,705 ميجاهرتز، عند حقل شدته (1T).
- تواتر رنين أنوية النوع الواحد يتغير حسب المحيط الكيميائي لهذه الأنوية حيث الحقل الفعال الذي تخضع له النواة ليس بالضرورة نفسه بالنسبة لكل الأنوية وخاصة أنه يختلف مع الحقل الخارجي المطبق من طرف المجرب،

تعتبر مطيافية الرنين المغناطيسي النووي للبروتون من أقوى الأدوات التي يستعملها الكيميائي العضوي في تحديد بنية الجزيئات. فبالرغم من المعلومات المتواضعة التي كانت تقدمها لنا أولى المغانط التي تعود نشأتها إلى بداية الخمسينيات، إلا أنها ساهمت بدعم كبير لحل كثير من المشاكل التي يتعرض لها الكيميائي.

وبالتقدم الملحوظ في يومنا هذا، أصبحت المغانط الموجهة لهذه التقنية ذات تردد عالٍ جدًا والتي هي اللبنة الأساسية لمكونات جهاز مطيافية الرنين النووي المغناطيسي، حيث أصبحت معرفة بنية الجزيئات أكثر دقة ووضوحًا. في جهاز الـ NMR، يتم وضع عينة من 5 إلى 20 ملغ في 0,4 مل من المحلول داخل أنبوب زجاجي قطره 5 ملم محاط بوشيعة يمر فيها تيار كهربائي في وسط حقل مغناطيسي، وتغير شدة اللف بالتدريج حتى نصل إلى قيمة محددة لشدة الحقل التي تتجاوب معه العينة.

وفي الأخير، نتحصل على طيف يعبر عن تغيرات الامتصاص بدلالة قوة الحقل المغناطيسي. على سبيل المثال، نلاحظ أن طيف كلورور الإيثيل في CDCI3 عند 60 ميجاهرتز مفصل كفاية بحيث نستطيع تفسيره. يتكون الطيف من عصابتين، تحتوي الأولى على ثلاث قمم والثانية على أربع قمم، تعبر عن عدد ذرات الهيدروجين وتموضعها في الجزيئة، وهذا يسهل معرفة بنيتها الكيميائية. يمكن أن تكون أطياف الرنين المغناطيسي النووي بسيطة للغاية، وفي بعض الأحيان تكون معقدة جدًا بحيث يصبح من الضروري اللجوء إلى طرق أخرى لتحليلها، مثل الاستعانة بتقنية الرئين ثنائي البعد. للتغلب على هذه التعقيدات، لابد من إتقان الدراسة النظرية للرنين المغناطيسي النووي، مثل فهم الانزياحات الكيميائية.

10. مزايا طيف NMR

في الأخير، رغم التطور الهائل لمطيافية الرنين النووي المغناطيسي في مجال التحليل الكمي والنوعي للمواد الكيميائية، إلا أننا نجد أنها تحتوي على مزايا وعيوب كغيرها من تقنيات التحليل. من بين مزاياها:

- إنها تقنية قوية للغاية في التحليل النوعي للمواد.
- لا تحتوي طريقة التحليل هذه على إشعاعات ضارة.
- تتمتع بمرونة عالية في دراسة مجموعة واسعة من المواد البيولوجية.

أما عيوبها فنستطيع أن نذكر منها:

- لا تعمل مع العينات ذات التركيزات المنخفضة.
- التقنية باهظة الثمن وتتطلب مهارات خاصة للعمل بها.
- تكاليف باهظة لصيانة الجهاز وإصلاحها، وتتطلب بنية تحتية خاصة.

المراجع

[1] إزمرلي، صالح بن طاهر، وآخرون، أسس الكيمياء العضوية المعاصرة، الجزء الأول، دار زهران ، جدة، 1993.

[2] زغداوي، عبد الحميد، وقصار، وليد، الجامع في التحليل الطيفي، ديوان المطبوعات الجامعية ، الجزائر، 2020.

[3] صدقة، محمد وليد محمد، مدخل إلى مطيافية التجاوب النووي المغناطيسي، نور للنشر، موريشيوس، 2020.

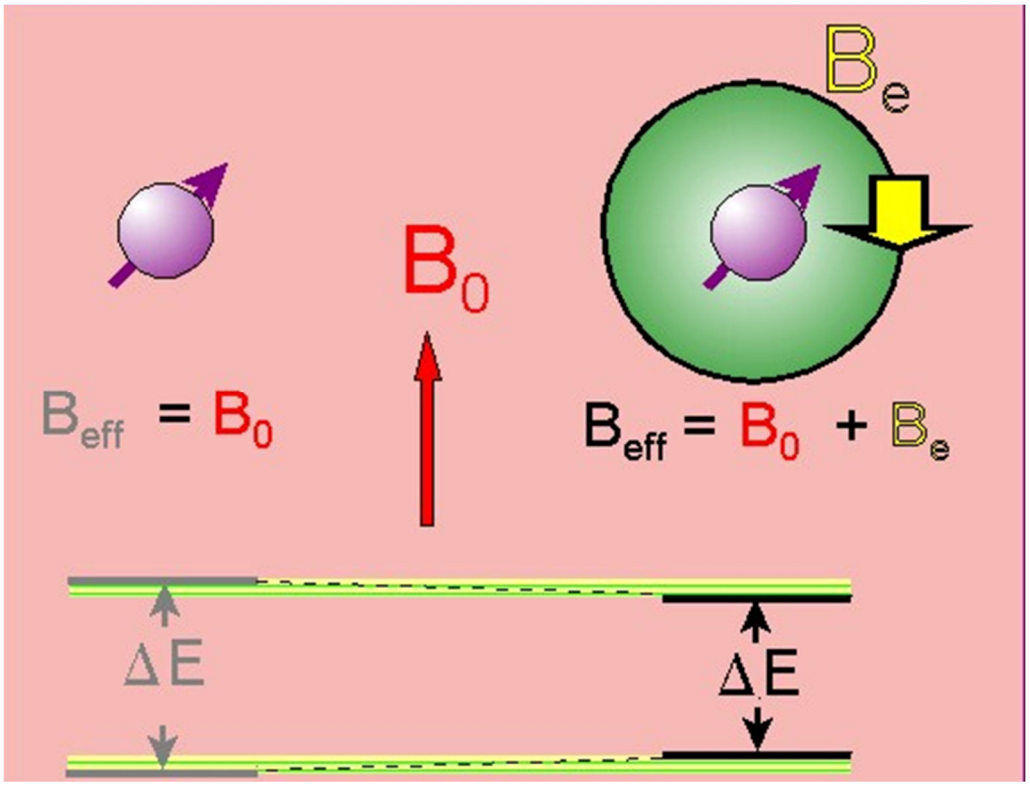
[4] فيسيلوفسكايا، ت.، ماتشينسكايا، أي، برجيالغوفسكايا، ن.، مسائل في الكيمياء العضوية ، ترجمة عيسى مسموح، دار مير للطباعة والنشر، 1983.

[5] Canet, D., LA RMN : concepts et méthodes, interEditions, Paris, 1991.

[6] Juhg, A., Chimie Quantique Structurale et éléments de spectroscopie théorique, OPU, Alger, 1978.

[7] Silverstein, R., Basler, G., & Morill, T., Identification spectrométrique de composés organique, De Boeck Université, 1998.

****



في الفلـــك

ملاحظات حول تدريس وتقويم الظواهر الفلكية في التعليم الثانوي عبر مغامرات إطلاق القمر ألكوم سات Alcomsat 1

عبد العزيز براح
أستاذ متقاعد بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
abdelaziz.berrah@g.ens-kouba.dz

1. مقدمة

يمكن اعتبار أن مواضيع امتحان الباكالوريا وحلولها النموذجية تُمثّل نمطًا لتدريس وتقويم مادة العلوم الفيزيائية في التعليم الثانوي في الجزائر. نظرًا للهدف الطبيعي لنجاح التلاميذ في هذا الامتحان، تصبح مواضيع الباكالوريا وحلولها المؤثر الرئيسي على كيفية تدريس المادة وتقويمها، وذلك خلال السنوات الثلاث للفروع العلمية وخاصة السنة الثالثة، أي أنّ مواضيع وحلول الباكالوريا تقوم بدور المنهاج والوثيقة المرافقة.

في سنة 2005 بدأ تطبيق مناهج جديدة (مناهج الجيل الأول) التي تعتمد على المقاربة بالكفاءات. بعد تطبيقها ظهرت عدة نقائص خاصة التركيز على الكفاءات لاكتساب المعارف على حساب الكفاءات العرضية وتوظيف المعارف.

لمعالجة هذه النقائص وتطبيق شامل للمقاربة بالكفاءات، بدأ تطبيق مناهج الجيل الثاني في سنة 2015 في التعليم الإلزامي وخاصة الطور المتوسط، حيث حُددت، بدقة وتفصيل، كيفيةُ تقويم مختلف أنواع الكفاءات مع إدخال الوضعية الإدماجية في امتحان شهادة نهاية التعليم المتوسط.

أما مناهج 2005 للطور الثانوي فبقيت على حالها رغم بعض التغييرات الخفيفة، كالتوزيعات السنوية وتكييف المحتويات مع الظروف الصحية، دون تغيير شامل لامتحان الباكالوريا الذي أُجّل لمرحلة لاحقة.

نظرًا للصعوبات النظامية والاجتماعية لإصلاح الطور الثانوي والبكالوريا، ورغم بعض التغييرات الإيجابية على مواضيع الباكالوريا في العلوم الفيزيائية وشكلها، فإنها ما زالت تركز على حفظ واكتساب المعارف وتُمثّل عائقًا لتطبيق المقاربة بالكفاءات، كما سنحاول توضيحه في هذا المقال.

رغم كل المجهودات الجبارة التي تبذلها اللجان الخاصة لصياغة وإنشاء مواضيع الباكالوريا في العلوم الفيزيائية، يمكن ملاحظة تكرار نفس أنواع التمارين، وهذا يحث التلميذ على حفظ حلولها. يحدث نفس التركيز على حفظ علاقات وتعريفات في الأقسام والدروس الخصوصية المنتشرة في بلادنا. تتميز بعض المواضيع بوجود أخطاء في الحل النموذجي أو في النص والحل كما حدث مثلا في 2009 و2015 و2018، خاصة في شعبة الرياضيات والتقني رياضي. بما أن هذه المواضيع وحلولها تبقى موثقة في مقررات رسمية، فإنها أصبحت مصدرًا أساسيًا في النشاطات داخل الأقسام وفي شبكات التواصل الاجتماعي وعند المترشحين، خاصة خلال حصص المراجعات النهائية.

يهدف هذا المقال إلى إبراز بعض الأخطاء الواردة في موضوع العلوم الفيزيائية لسنة 2018 شعبة رياضيات وتقني رياضي، والذي يتميز بوجود أخطاء فادحة في النص وفي الإجابة النموذجية.

2. التعلم والتقويم في المقاربة بالكفاءات

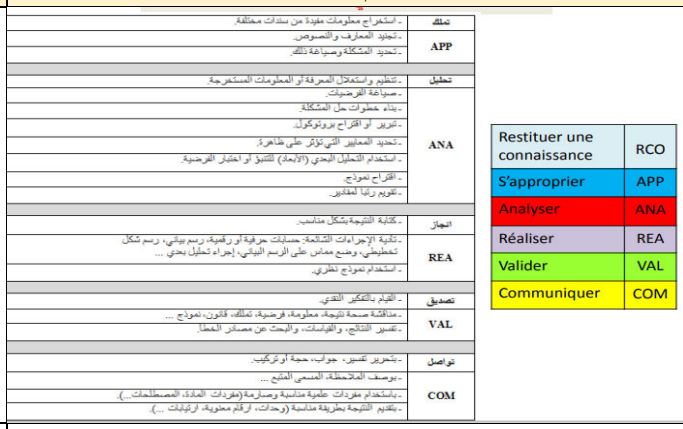
بالاعتماد على ما جاء في وثيقتي المرجعية العامة للمناهج والدليل المنهجي لبناء المناهج، الصادرتين في 2009 من طرف اللجنة الوطنية للمناهج لوزارة التربية الوطنية، يمكن تلخيص مميزات النشاطات التعلمية والتقويم كما يلي.

تتميز النشطات التعلمية بالأبعاد التالية:	تتميز نشطات التقويم بالأبعاد التالية:
• التحكم في الموارد المعرفية • توظيف هذه الموارد المعرفية • تعلم الإدماج • نمو القيم والسلوكات البناءة • المعالجة البيداغوجية	• تقويم مدى اكتساب الموارد المعرفية • تقويم الكفاءات العرضية ومدى التحكّم في توظيف الموارد السابقة بوضعيات إدماجية • تقويم مدى اكتساب ونمو سلوكات بناءة وقيم. • المعالجة البيداغوجية • الكفاءات العرضية والقيم بجانب الكفاءات المعرفية

فيما يخص امتحان الباكالوريا، يمكن تلخيص ما جاء في وثيقة من المفتشية العامة للعلوم الفيزيائية لوزارة التربية الوطنية حول هيكلة موضوع الباكالوريا ومعايير تقويمه، مع تطبيقها على التمرين لسنة 2018 الخاص بإطلاق القمر الكوم سات، في الجدولين التاليين.

هيكلة موضوع الاختبار لشعبتي رياضيات وتقني رياضي
الجزء الأول: (14 نقطة) يشمل ثلاثة تمارين لاسترجاع بعض الموارد المعرفية وإبراز المهارات وفق الكفاءات المنصوص عليها في منهاج العلوم الفيزيائية للسنة الثالثة من التعليم الثانوي. التمرين الأول: 04 نقاط؛ التمرين الثاني: 04 نقاط؛ التمرين الثالث: 06 نقاط يكون السؤال الأول من كل تمرين مع فروعه لحشد واسترجاع المعارف، وذلك لأداء مهام بسيطة (تطبيقات مباشرة). أما الأسئلة المتبقية، تكون متدرجة من حيث الفهم والتحليل والتركيب والإبداع والتقويم، وتصاغ بشكل أكثر صراحة، وتجند فيها مختلف الموارد المعرفية والمهارية والكفاءات المتجلية في مظاهرها الثلاثة: العلمية، التجريبية، العرضية. **الجزء الثاني**: (06 نقاط) يشمل تمرينًا واحدًا يقوّم الكفاءات في مظهرها التجريبي (اختيار الأدوات المناسبة للتجريب والقياس والتحكم في استعمال الأدوات، التحكم في بعض التقنيات، إنجاز وتنفيذ بروتوكول تجريبي، رسم المخططات والبيانات وقراءتها ثم استقراؤها، التمكن من صياغة الفرضيات واختبارها). **هام**: يقوّم الاختبار أغلب وحدات المنهاج. **ملاحظة**: إذا كان تمرين الجزء الثاني في الكيمياء فتمارين الجزء الأول كلها في الفيزياء. أما إذا كان تمرين الجزء الثاني في الفيزياء فالتمرين الثالث من الجزء الأول في الكيمياء.

صورة للشبكة المستخدمة في تحديد الكفاءات المفعلة حسب المفتشية العامة للعلوم الفيزيائية لوزارة التربية الوطنية	ملخص تقويم التمرين لسنة 2018 حول إطلاق ألكوم سات



تملك	- استخراج معلومات مفيدة من سندات مختلفة.
APP	- تحديد المعارف والمفهوم. - تحديد المشكلة وصياغة ذلك.
تحليل	- تنظيم واستغلال المعرفة أو المعلومات المستخرجة.
ANA	- صياغة الفرضيات. - بناء مخطوات حل المشكلة. - تحرير أو اقتراح بروتوكول. - تحديد المعايير التي تؤثر على ظاهرة. - استخدام التحليل البحدي (الأبعاد) للتنبؤ أو اختبار الفرضية. - اقتراح نموذج. - تقويم رقمي لمقادير.
انجاز	- كتابة النتيجة بشكل مناسب.
REA	- تقنية الإجراءات الشائعة: حسابات حرفية أو رقمية، رسم بياني، رسم شكل تخطيطي، وضع معالم على الرسم البياني، إجراء تحليل بحدي ... - استخدام نموذج نظري.
تصديق	- القيام بالتفكير النقدي.
VAL	- مناقشة صحة نتيجة، معلومة، فرضية، تمثيل، قانون، نموذج ... - تفسير النتائج، والقياسات، والبحث عن مصادر الخطأ.
تواصل	- تحرير تفسير، جواب، حجة أو تركيب.
COM	- بوصف الملاحظة، المنحى المتبع ... - باستخدام مفردات علمية مناسبة وصارمة (مفردات المادة، المصطلحات...). - بتقديم النتيجة بطريقة مناسبة (وحدات، أرقام معنوية، تركيبات ...).

Restituer une connaissance	RCO
S'approprier	APP
Analyser	ANA
Réaliser	REA
Valider	VAL
Communiquer	COM

الأسئلة	الكفاءة المفعلة	المهمة معقدة أم لا	نوعية الاستدلال	مستوى الصعوبة
1.1	RCO APP	لا	استرجاع معرفة استدلال كيفي	1
2.1	RCO	لا	استرجاع المعرفة	1
3.1	REA	لا	استدلال كمي	3
4.1	RCO ANA	نعم	استدلال كيفي/كمي	3
1.2	APP ANA REA	نعم	استدلال كيفي/كمي	4
2.2	RCO ANA	نعم	استدلال كيفي/كمي	3
1.3	APP ANA	نعم	استدلال كيفي/كمي	3
2.3	REA COM	نعم	استدلال كيفي/كمي	4

ملاحظات حول هذه الوثائق:

تُمثّل وثيقة هيكلة المواضيع وشبكة تحديد الكفاءات إطارًا أساسيًا لبناء المواضيع ولتقويمها.

بعد الاطلاع على مواضيع العلوم الفيزيائية للسنوات الأخيرة لاحظنا أن الهيكلة غير مطبقة، خاصة فيما يخص الإدماج للكفاءات في مظهرها التجريبي. أما في حالة التمرين الخاص بإطلاق القمر الكوم سات شعبة ر. وَ ت. ر. والتقرير المقابل، نلاحظ أنه لا يتطرق للأخطاء الواردة في النص وفي الإجابة النموذجية والتي لا تسمح بتطبيق الشبكة عليه كما سنقدمه في هذا المقال. إنه غير صالح كتمرين للباكالوريا ومضر علميًا وتعليميًا.

بين تحليل هذا التمرين بوضوح:
- أنه غني بالكفاءات المفعلة،
- أنه يحتوي على مهام معقدة،
- أن الاستدلال متنوع،
- مستوى الصعوبة 3 أو 4 مهام متواجدة بكثرة وهذه في ست مرات، والتدرج سيئ إلى حد ما، وهذا ما يجعل التلميذ يميل إلى "الرفرفة والتنقل" من أجل إيجاد أسئلة استرجاع بسيطة للمعرفة،
- أنه محترم تقريبا لطبيعة الاختبار ودليل البناء.

في الختام ، يكشف تحليل هذا التمرين عن مجموعة غنية ومتنوعة، وصعوبة ذلك بلا شك عالية ويمكن تحسينها بشكل تدريجي.

3. صورة لنص التمرين وللإجابة النموذجية

اختبار في مادة: علوم فيزيائية / الشعبة: رياضيات، تقني رياضي / بكالوريا 2018

3.3. احسب الطاقة المحررة من التفاعل الحاصل.

4.3. أنجز مخطط الحصيلة الطاقوية للتفاعل الحاصل السابق.

المعطيات: $1u = 931,5 Mev/c^2$

الجسيمة	$^{27}_{13}Al$	$^{29}_{15}Si$	$^{4}_{2}He$	$^{1}_{0}n$	β^+
الكتلة $m(u)$	26,97439	29,96607	4,00150	1,00866	0,00055

التمرين الثاني: (04 نقاط)

1. وكالة الفضاء الجزائرية منذ تأسيسها دأبت على تطوير مشاريع الأقمار الاصطناعية لخدمة الاتصالات ، آخرها إطلاق القمر الاصطناعي *AlcomSat1* و ذلك يوم 10 ديسمبر 2017 على الساعة 17:40 من قاعدة *Xichang* الصينية و بعد 26 دقيقة من الإطلاق وصل القمر الاصطناعي إلى نقطة الأوج (نقطة الرأس الأبعد) على علو $h_1 = 41991 Km$ من سطح الأرض ، ليسلك بعد ذلك مسارا إهليلجيا له نقطة الحضيض (نقطة الرأس الأقرب) على ارتفاع $h_2 = 200 Km$ من سطح الأرض و ذلك في مرحلة التجريب التي دامت ستة أيام .
بعدها دخل القمر الاصطناعي في مداره الجيو مستقر *Géostationnaire* حيث أخذ الموقع الفلكي 24.8° .

1.1. اشرح المصطلحين الواردين في النص: (اهليلجي ، جيو مستقر).

2.1. اذكر المرجع المناسب لدراسة حركة القمر الاصطناعي .

3.1. أرسم شكلا تخطيطيا للمسار الاهليلجي الذي اتخذه القمر الاصطناعي في مرحلته التجريبية موضحا عليه النقاط التالية: الأرض ، نقطة الأوج ، نقطة الحضيض ، ثم مثّل شعاع السرعة بعناية في النقطتين الأخيرتين (نقطة الأوج ، نقطة الحضيض).

4.1. باستعمال القانون الثاني لنيوتن ، بين أن عبارة السرعة المدارية تعطى بالعلاقة: $v_s = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$
حيث r يمثل البعد بين مركزي الأرض و القمر الاصطناعي ثم احسب قيمتها في موضع الحضيض $(h_2 = 200 Km)$ و موضع الأوج $(h_1 = 41991 Km)$.

2. بعدما يأخذ القمر الاصطناعي وضعه الدائم (مداره الجيو مستقر):

1.2. أذكر كيف يكون شكل مداره ؟ و ما هي قيمة دوره T ؟

2.2. بالاستعانة بقانون كبلر الثالث أحسب ارتفاع القمر الاصطناعي عن سطح الأرض .

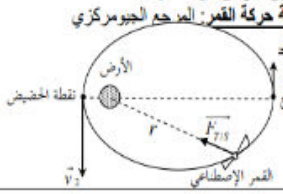
يعطى: كتلة الأرض $M_T = 5.97 \times 10^{24} Kg$ ، نصف قطر الأرض $R_T = 6.4 \times 10^6 m$
ثابت الجذب العام $G = 6.67 \times 10^{-11} S.I$

التمرين الثاني(04 نقاط):

1.1- شرح المصطلحين:
- 0.25 **إهليلجي:** هو مدار بيضوي متناظر يحتوي أحد محرقيه الكوكب المركزي (الارض)
- 0.25 **جيومستقر:** هو خاصية جسم يدور حول الأرض في مستوى خط الاستواء في نفس جهة دورانها و له نفس دور الأرض حول نفسها .

0.25 **2.1- المرجع المناسب لدراسة حركة القمر:** المرجع الجيومركزي

3.1- الرسم التخطيطي للمسار



0.25
0.25
0.25

الإجابة النموذجية لموضوع اختبار مادة: العلوم الفيزيائية/ الشعبة: رياضيات + تقني رياضي/ بكالوريا: 2018

عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
4.1- عبارة السرعة المدارية v_s :		
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ على القمر الإصطناعي نجد $\vec{F_{T/S}} = m\vec{a}$	0.25	
بالإسقاط على المحور الناظمي نجد $F_{T/S} = m_S.a_N$	0.25	
حيث $a_N = \frac{v_s^2}{r}$ ، $F_{T/S} = G\frac{m_S.M_T}{r^2}$ بالتعويض نجد $v_s = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$	0.25	
- حساب قيمة السرعة المدارية:		
- موضع الحضيض $(r = h_2 + R)$: نجد $v_{2(S)} = \sqrt{\frac{G.M_T}{h_2 + R}} = \sqrt{\frac{6,67\times10^{-11}\times5,97\times10^{24}}{6,6\times10^6}} = 7767\ m/s$	0.25	2.75
- موضع الأوج $(r = h_1 + R)$: نجد $v_{1(S)} = \sqrt{\frac{G.M_T}{h_1 + R}} = \sqrt{\frac{6,67\times10^{-11}\times5,97\times10^{24}}{48,39\times10^6}} = 2869\ m/s$	0.25	
1.2- شكل المدار: دائري مركزه منطبق على مركز الارض	0.25	
- قيمة دوره : بما أن القمر الاصطناعي جيو مستقر فإن دوره $T_S = 24h$	0.25	
2.2- حساب الارتفاع عن سطح الارض: باستعمال قانون كبلر الثالث $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_T}$	0.25	
ومنه $r = \sqrt[3]{\frac{T^2.G.M_T}{4\pi^2}} = 42,24\times10^6\ m$ نجد	0.25	
$h = r - R_T = 42,24\times10^6 - 6,4\times10^6 = 35,84\times10^6 m \mid\mid 36\times10^3 km$	0.25	

وفيما يلي صورة للمصدر المحتمل لمقدمة نص التمرين.

في مقر وكالة الفضاء الجزائرية يمكن وجود صور ومعلومات حول القمر ألكوم سات 1 وظروف إطلاقه. ويبدو أن هناك سوء فهم وسوء ترجمة للوثيقة الأصلية من طرف مؤلفي التمرين.

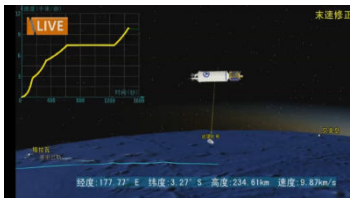
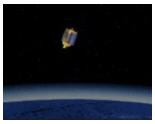
26 minutes après le décollage vertical, selon les données du centre de poursuite et de contrôle des satellites de Xi'an, les opérations de séparation du satellite Alcomsat-1 du véhicule de lancement et son entrée en Orbite de Transfert Géostationnaire (GTO) se sont déroulées avec succès. L'apogée de cette Orbite de Transfert est de 41991km, son périgée est de 200km et son inclinaison est de 26.4°. Cinq manœuvres d'Alcomsat-1 seront nécessaires dans les 06 prochains jours, pour atteindre son orbite géostationnaire 36000km et sa position orbitale 24.8° Ouest.

Après cette phase, il est prévu une période de 03 à 06 mois pour les phases de mise à poste et de tests en orbite avant l'exploitation opérationnelle du satellite.

L'exploitation et le contrôle du satellite seront effectués par les ingénieurs de l'Agence Spatiale Algérienne, depuis les centres d'exploitation des systèmes de télécommunications de Boughezoul (Médéa) et de Bouchaoui (Alger). Ces opérations ont débuté dès la séparation du satellite du lanceur jusqu'à sa position orbitale géostationnaire . Ces ingénieurs procéderont à l'activation, à la surveillance et au contrôle des différents sous-systèmes du satellite et de ses appendices (antennes, panneaux solaires, réflecteurs etc.)

Alcomsat-1 est le premier satellite Algérien de télécommunications, c'est un précieux outil multi-missions qui assure une couverture nationale et régionale (Afrique du nord et Sahel). Il permettra l'amélioration des télécommunications et la réception de plusieurs programmes de télédiffusion. Il fournira également des services de transmission audio, d'internet à haut débit, de télé-enseignement, de télémédecine, de visioconférence, ...etc.

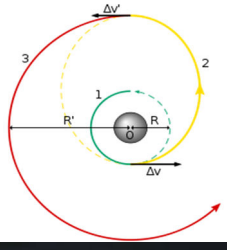
4. جداول الأخطاء العلمية في نص التمرين، ولماذا؟

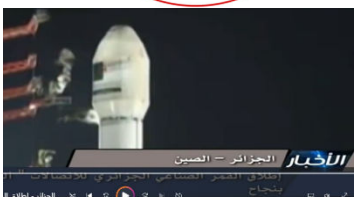
نص مقدمة التمرين	**التمرين الثاني: (04 نقاط)** 1. وكالة الفضاء الجزائرية منذ تأسيسها دأبت على تطوير مشاريع الأقمار الاصطناعية لخدمة الاتصالات ، آخرها إطلاق القمر الاصطناعي *AlcomSat1* و ذلك يوم 10 ديسمبر 2017 على الساعة 17:40من قاعدة *Xichang* الصينية و بعد 26 دقيقة من الإطلاق وصل القمر الاصطناعي إلى نقطة الأوج (نقطة الرأس الأبعد) على علو $h_1 = 41991\ Km$ من سطح الأرض ، ليسلك بعد ذلك مسارا إهليلجيا له نقطة الحضيض (نقطة الرأس الأقرب) على ارتفاع $h_2 = 200\ Km$ من سطح الأرض و ذلك في مرحلة التجريب التي دامت ستة أيام . بعدها دخل القمر الاصطناعي في مداره الجيو مستقر *Géostationnaire* حيث أخذ الموقع الفلكي $24.8°$.
شرح طبيعة الأخطاء	- وصف خاطئ ومدهش لمراحل إطلاق القمر بخلط فادح بين نقطة الحضيض ونقطة الأوج. - حسب النص انتقل القمر من نقطة الأوج (نقطة الرأس الأبعد) إلى نقطة الحضيض (نقطة الرأس الأقرب). إنه خطأ فادح لأن الانتقال تم من نقطة الحضيض الأقرب من الأرض إلى نقطة الأوج الأبعد من الأرض. - حسب النص وصل القمر إلى نقطة الأوج على علو h_1=41991Km بعد 26 دقيقة من الإطلاق. يمكن ملاحظة كتابة Km بدل من km، أي سوء استعمال الترميز العالمي الصحيح للوحدات لأن الرمز Km يُمثّل Kelvin mètre ولا يُمثّل الكيلومتر km. من الجانب التعليمي حسب هذه المعطيات يمكن استنتاج أن السرعة المتوسطة من رتبة 26.9 km/s أي سرعة أكبر من السرعة الكونية الثانية (11.2km/s) للانفلات تماما من الكرة الأرضية وأكبر من السرعة الكونية الثالثة (16.5km/s) للانفلات تماما من النظام الشمسي! ماذا تمثل هذه المدة لـ 26 دقيقة؟ إنها مدة إطلاق القمر من طرف الصاروخ الصيني LM3 كما توضحه الصورة أدناه من شريط إطلاق الكوم سات والذي يوجد في الشبكة عبر الرابط التالي. https://www.youtube.com/watch?v=o9DsIp_Wc2Y   - تُمثّل الصورة الأولى نهاية إطلاق القمر من طرف الصاروخ وقبل فصل طابقه الثالث مع منحنى السرعة v(t) وتعيين الإرتفاع. تمثل الصورة السفلية منحنى مكبر لـ v(t).

- تفند هاتان الصورتان بشكل قاطع ما جاء في النص. نلاحظ أن بعد 1500 ثانية أي 26 دقيقة، كان القمر على ارتفاع 234km أي في نقطة الحضيض وليس على ارتفاع 41991km.

يمكن ملاحظة تطور مراحل إطلاق القمر ودور كل طابق من الصاروخ ثم مرحلة ثبوت السرعة عند قيمة 7.5km/s حيث أصبح القمر في مداره المنخفض حول الأرض. أما الجزء النهائي للمنحنى فإنه يمثل زيادة سرعة القمر حتى تصل إلى 10km/s كي يأخذ من نقطة الحضيض مسارًا انتقاليًا على شكل نصف إهليج ينتهي في نقطة الإوج .

- تُمثل الصورة أدناه المسارات الثلاث للقمر كي يصبح قمرًا جيومستقرًا بالمسار الدائري المنخفض 1 والمسار النص إهليجي الانتقالي 2 أو ما يُسمّى بمسار هوهمان Hohmann ثم المسار الدائري النهائي 3. باعتبار أن نصف قطر الكرة الأرضية يساوي 6400km، يمكن أن يتراوح R للمسار الدائري بين 6600km و 8000km أي بارتفاع h على سطح الأرض من 200km إلى 2000km.



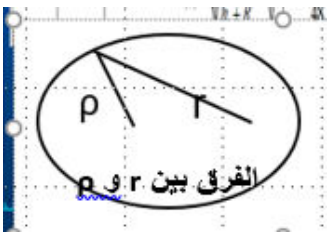


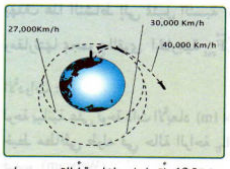
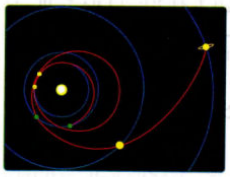
- أما نصف قطر المدار الدائري النهائي 3 فإنه يكون حتمًا على ارتفاع h=35786km أي 36000 كيلومتر تقريبا من سطح الأرض، ونصف قطر المدار الجيومستقر يساوي 42400km أو تقريبا 42000km.
- حسب النص، فالارتفاع المرموز إليه بـ h_1 يساوي 41991km ويُمثّل خطأ فادحا مزدوجا بخلط بين الاتفاع ونصف قطر وترميزه الأول زمنيا مع إعطاء قيمة خاطئة بأرقام معبرة مبالغ فيها وتتناقض مع شروط كتابة النتائج. حسب هذه المعطيات فإن عملية إطلاق الكومسات فشلت! والحمد لله العملية نجحت وألكوم سات شغال.

نواصل اكتشاف أخطاء فلكية في الجملة التالية: "ليسلك بعد ذلك مسارًا إهليجيًا له نقطة الحضيض (نقطة الرأس الأقرب) على ارتفاع h_2=200Km من سطح الأرض وذلك في مرحلة التجريب التي دامت ستة أيام بعدها دخل القمر الاصطناعي في مداره الجيومستقر (Géostationnaire) حيث أخذ الموقع الفلكي 24.8°".

حسب النص هذه المرحلة التجريبية تمثل مدة حركة القمر بين نقطتي الحضيض و الأوج وفلكيا تمثل T/2 أي نصف دور القمر على المدار الإنتقالي. حسب القانون الثالث لكبلير الذي يربط T بنصف قطر (أو بنصف أكبر قطر الإهليج) فإن T<24h ومنه T/2<12h وحسب النص فإنها دامت 6 أيام! أما الموقع الفلكي فإنه غير دقيق وهو 24.8°W وليس فقط 24.8°. بتطبيق قانون كبلير الثالث نجد أن مدة حركة القمر بين نقطتي الحضيض و الأوج تساوي 5h16min.

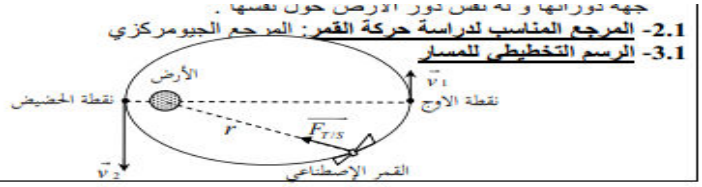
نص الأسئلة	1.1. اشرح المصطلحين الواردين في النص: (اهليلجي ، جيو مستقر). 2.1. اذكر المرجع المناسب لدراسة حركة القمر الاصطناعي . 3.1. أرسم شكلا تخطيطيا للمسار الاهليلجي الذي اتخذه القمر الاصطناعي في مرحلته التجريبية موضحا عليه النقاط التالية: الأرض ، نقطة الأوج ، نقطة الحضيض ، ثم مثِّل شعاع السرعة بعناية في النقطتين الأخيرتين (نقطة الأوج ، نقطة الحضيض).
التعليق	يسمح السؤال 1.1 بالإجابة بسهولة لكل التلاميذ وفق ما يوجد في الكتاب المدرسي، وأغلبية حلول التمارين في الشبكة كما جاء في التصحيح النموذجي والذي سنناقش نقائصه في الفقرة الخاصة بالحل. أما السؤال 3.1 الذي يطلب الرسم بعناية، فإنه سؤال مبكر لأنه يسبق السؤال 4.1 المتعلق بدراسة السرعة المدارية. بما أن هدف السؤال هو التأكد من تطبيق القانون الثاني لكبلير، يمكن الاكتفاء برسم كيفي. يحتاج الرسم بعناية إلى معرفة قيم السرعتين وليس كما جاء في الحل حيث رسم السرعتين غير صحيح في الشدات كما سنبرهن عليه في مناقشة الحل النموذجي.

نص السؤال 4.1	4.1. باستعمال القانون الثاني لنيوتن ، بين أن عبارة السرعة المدارية تعطى بالعلاقة: $v_S=\sqrt{\frac{GM_T}{r}}$ حيث r يمثل البعد بين مركزي الأرض و القمر الاصطناعي ثم احسب قيمتها في موضع الحضيض ($h_2=200\ Km$) و موضع الأوج ($h_1=41991\ Km$) .
الأخطاء الفادحة في السؤال 4.1	1- العبارة المقترحة خاطئة في حالة المسار الإهليجي كما هو مطلوب في السؤال. العبارة الصحيحة هي: $v(r)=\sqrt{2GM_T(\frac{1}{r}-\frac{1}{h_1+h_2+2R_T})}$ $v(r)=\sqrt{2GM_T(\frac{1}{r}-\frac{1}{2a})}$ حيث a يمثل نصف أكبر قطر الإهليج أي $2a=2R_T+h_1+h_2$ أي نصف المسافة بين نقطتي الحضيض والأوج. العلاقة المقترحة صحيحة فقط في حالة المسار الدائري حيث a=r. وتعميمها إلى الإهليج يمثل خطأ علميا وتعليميا فادحا. 2- العبارة الخاطئة السابقة تشبه العبارة الصحيحة في المسار الإهليجي وهي $vs=(GMT/\rho)^{0.5}$ حيث يُمثّل ρ نصف قطر الانحناء أو Rc ولا يُمثل r ويختلف عنه في الحالة العام حاملا وطولا وخصائصا. في الحالة الخاصة مسار دائري فقط r= ρ. 

	3- لا يمكن البرهان على العلاقة فقط بالقانون الثاني لنيوتن كما هو الحال في الحركة الدائرية، وإنما يمكن البرهان بخصائص الطاقة الميكانيكية الواردة في المنهاج أو بانحفاظ العزم الدوراني للقوى المركزية والذي هو خارج منهاج الثانوي. بالطبع يُمثل الحل النموذجي المقترح نمطًا مميزًا للأخطاء المرتكبة في تدريس علم الفلك وقوانين كبلير في الثانوي. وبالطبع البرهان الوارد في الحل النموذجي خاطئ. في الكتاب المدرسي، وردت المسارات الإهليجية في نشاط مقترح بعنوان "الجاذبية والرحلة إلى زحل". توجد مسارات إهليجية عديدة خلال الرحلة بشرح مبهم وخاطئ حول الرحلة دون وصف المدارات الانتقالية الإهليجية. نشاط 4 : الجاذبية والرحلة إلى زحل  وثيقة 12 : أقمار اصطناعية أطلقت بسرعات مختلفة. لقد توصل علماء الفضاء إلى طريقة تمكنهم من إرسال مركبة فضائية إلى زُحل اعتمادًا على استغلال جاذبية بعض الكواكب الموجودة في مسار المركبة. يتم وضع الأقمار الإصطناعية في مدارها وذلك بإعطائها سرعة مماسية وكافية باستعمال منصة إطلاق. إذا كانت السرعة كبيرة بما فيه الكفاية فإنها تسمح للمركبة بالتحرر من الجاذبية الأرضية ولا يمكن رجوعها. أما إذا كانت السرعة صغيرة فإنها تسقط على سطح الأرض. توضع الأقمار عادة في مدارات دائرية (أو شبه دائرية) لأنها تمتلك سرعة الإنفلات (وثيقة 12). إذا توقف القمر عن الحركة فإنه يسقط على الأرض ولكن عند السرعات الكبيرة (وثيقة 13) تنعدم قوى الجاذبية للأرض. وعليه فإن القمر يتم إسراعه ولكن سرعته المماسية تبقيه في مسار خطي.  وثيقة 13 : مسار المركبة الفضائية كاسيني هويغنز التي انطلقت من الأرض في أكتوبر تتحرك الأقمار (في الغالبية تقريبا) على دوائر حيث يكون التسارع $a_n = \frac{v^2}{r}$. إن القوة التي تعطي هذا التسارع للأقمار هي الجاذبية وعليه فإنها توضع على مسافات معتبرة من الأرض. نستعمل القانون الثاني لنيوتن لمعرفة هذه القوة. العلاقة التي تربط بين بعد القمر عن الأرض وسرعته تبين أن القوة الوحيدة المؤثرة هي قوة الجاذبية، وأن البعد هو مجموع نصف قطر الأرض والإرتفاع الذي توجد فيه المركبة بالنسبة لسطح الأرض. تنطلق المركبة الفضائية كاسيني هويغنز من الأرض إلى زحل. كتلة المركبة

نص السؤال 2	**2.** بعدما يأخذ القمر الاصطناعي وضعه الدائم (مداره الجيو مستقر): **1.2.** أذكر كيف يكون شكل مداره ؟ و ما هي قيمة دوره T ؟ **2.2.** بالاستعانة بقانون كبلر الثالث أحسب ارتفاع القمر الاصطناعي عن سطح الأرض . **يعطى:** كتلة الأرض $M_T = 5.97\times10^{24}\ Kg$ ، نصف قطر الأرض $R_T = 6.4\times10^{6}\ m$ ثابت الجذب العام $G = 6.67\times10^{-11}\ S.I$
التعليق	الجزء 1.2 بسيط والإجابة يمكن أن تكون تكرارا للسؤال 1.1. السؤال 2.2: بما أن نقطة الأوج تقع أيضا على المدار النهائي الدائري وتمثّل نقطة مغادرة القمر من الإهليج إلى الدائرة وحسب معطيات النص الجواب هو h_1=41991km ويخالف بالطبع القيمة الحقيقية بتطبيق القانون الثالث. الجواب الصحيح هو h=36000km الوارد في الحل. يدل هذا التناقض على عدم معرفة وفهم مراحل إطلاق قمر جيومستقر. يمكن ملاحظة أن في أسلوب طرح الأسئلة يطلب تطبيق مباشر لقوانين معينة دون طرح السؤال حول ما هو القانون الذي يمكن تطبيقه في كل حالة. هذا الأسلوب لطرح الأسئلة لا يتماشى مع التقويم وفق المقاربة بالكفاءات العرضية والخاصة بتوظيف الملائم للموارد المعرفية في حل المشكلات.

5. جداول الأخطاء في الحل النموذجي

الإجابة النموذجية	**التمرين الثاني(04 نقاط):** **1.1- شرح المصطلحين:** - إهليلجي: هو مدار بيضوي متناظر يحتوي أحد محرقيه الكوكب المركزي (الارض) 0.25 - جيومستقر: هو خاصية جسم يدور حول الأرض في مستوى خط الاستواء في نفس جهة دورانها و له نفس دور الأرض حول نفسها . 0.25 **2.1- المرجع المناسب لدراسة حركة القمر:** المرجع الجيومركزي 0.25
التعليق	1.1 شرح المصطلحين: إهليلجي: غياب الخاصية الهندسية لأن مجموع المسافتين بين نقطة M من المدار والمحرقين F و F' ثابت ويساوي طول القطر الأعظمي أي MF+MF'=2a المسار هو نصف الإهليج فقط. يقطع الكوم سات نصف الإهليج من نقطة الحضيض إلى نقطة الأوج. جيومستقر: غياب الخاصية الأساسية الناتجة عن الخصائص المذكورة، أي القمر الجيومستقر ساكن بالنسبة لسطح الأرض حيث تثبت محطات الاتصالات وتوجه نحوه هوائيات استقبال قنوات التلفيزيون. 2.1 المرجع المناسب لدراسة الحركة: بما أن هناك معلمان أرضيان مناسبان للدراسة حيث القمر الجيومستقر يدور بحركة دائرية منتظمة بالنسبة لمعلم جيومركزي وأنه ساكن بالنسبة لمعلم سطحي أرضي. المعلم الأول عطالي يسمح لتفسير الحركة بقوة الجاذبية وحدها . أما المعلم الثاني، إنه مثال لمعلم لاعطالي حيث يسمح لتفسير سكون القمر بإدخال قوة عطالية أي القوة الطاردة المركزية مع القوة الجاذبية. تمثل القوة الطاردة المركزية في عدة مقرات ودروس الوسيلة المعتمدة لتفسير بصفة خاطئة استقرار القمر في مدار وعدم سقوطه على سطح الأرض.
الإجابة النموذجية على السؤال 3.1	جهة دورانها و له نفس دور الارض حول نفسها . **2.1- المرجع المناسب لدراسة حركة القمر:** المرجع الجيومركزي 0.25 **3.1- الرسم التخطيطي للمسار**  0.25 0.25 0.25
التعليق	المطلوب هو رسم بعناية خاصة للسرعتين في الحضيض والأوج، ولذلك يجب معرفة العلاقة بينهما. بما أن عبارة السرعة مطلوبة في السؤال الموالي ستكون العناية نسبية والرسم يكون كيفيا. كان يمكن تأجيل طلب الرسم بعد السؤال حول عبارة السرعة. سنبرهن في التعليق حول عبارة السرعة في المسار الإهليجي وبدون توظيف مبدأ انحفاظ العزم الدوراني للقوى المركزية (الخارج عن منهاج الثانوي) على العلاقة التالية: $v_1.r_1 = v_2.r_2$ أو $v_2/v_1 = r_1/r_2$. نلاحظ أن في الشكل المقترح $v_2/v_1 = 3$ و $r_1/r_2 = 6$. ملاحظتان إضافيتان: • حسب الشكل يتجه القمر من نقطة الحضيض إلى نقطة الأوج وهذا صحيح ويتناقض مع الوصف الوارد في النص أين القمر يتجه من الأوج إلى الحضيض. • يتم فتح الخلايا الشمسية بعد وصول القمر إلى المدار النهائي وليس في المدار الانتقالي كما هو مرسوم في الشكل.

الإجابة النموذجية على السؤال 4.1	الإجابة النموذجية لموضوع اختبار مادة: العلوم الفيزيائية/ الشعبة: رياضيات + تقني رياضي/ بكالوريا: 2018 عناصر الإجابة (الموضوع الأول) — العلامة: مجزأة / مجموع 4.1- عبارة السرعة المدارية: v_s : — 0.25 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\sum\vec{F}=m\vec{a}$ على القمر الإصطناعي نجد $\vec{F_{T/S}}=m\vec{a}$ — 0.25 بالإسقاط على المحور الناظمي نجد $F_{T/S}=m_S.a_N$ — 0.25 حيث $a_N=\frac{v_S^2}{r}$ ، $F_{T/S}=G\frac{m_S.M_T}{r^2}$ بالتعويض نجد $v_S=\sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$ - حساب قيمة السرعة المدارية: - موضع الحضيض ($r=h_2+R$): نجد $v_{2(S)}=\sqrt{\frac{G.M_T}{h_2+R}}=\sqrt{\frac{6,67\times10^{-11}\times5,97\times10^{24}}{6,6\times10^6}}=7767\,m/s$ - موضع الأوج ($r=h_1+R$): نجد $v_{1(S)}=\sqrt{\frac{G.M_T}{h_1+R}}=\sqrt{\frac{6,67\times10^{-11}\times5,97\times10^{24}}{48,39\times10^6}}=2869\,m/s$ 2.75 — 0.25 — 0.25
التعليق	تمثل هذه الإجابة سلسلة من الأخطاء الفادحة المرتكبة في تدريس الفيزياء في الثانوي وخاصة تطبيق علاقات خارج مجال صلاحيتها لأن العلاقة المطلوب البرهان عليها صحيحة في الحركة الدائرية المنتظمة وخاطئة في الحركة الإهليجية. من الجانب التعليمي توظف الطريقة البيانية "بالإسقاط على محور" دون رسم الشكل المعني وبالطبع في كثير من الحالات النتيجة خاطئة. جدول ملخص للأخطاء في المعطيات والنتائج والعلاقات:

الأخطاء	$F_{T/S}=ma_N$	h_1=41991Km	$a_n=v_s^2/r$	$V_s=(GM_T/r)^{0.5}$	$v_1^2.r_1=v_2^2.r_2$	v_{2s}=7767m/s	v_{1s}=2869m/s
التصحيح	$F_{T/S}=ma$	h_1=35.600km	$a_n=v_s^2/\rho$	انظر عبارتها فيما يلي.	$v_1.r_1=v_2.r_2$	v_{2s}≈10 km/s	v_{2s}≈1.6km/s

يمكن تلخيص المصدر الأساسي للأخطاء وهو تطبيق علاقات صالحة فقط في الحركة الدائرية على الحركة الإهليجية وعدم معرفة ما يحدث في نقطتي الحضيض والأوج.

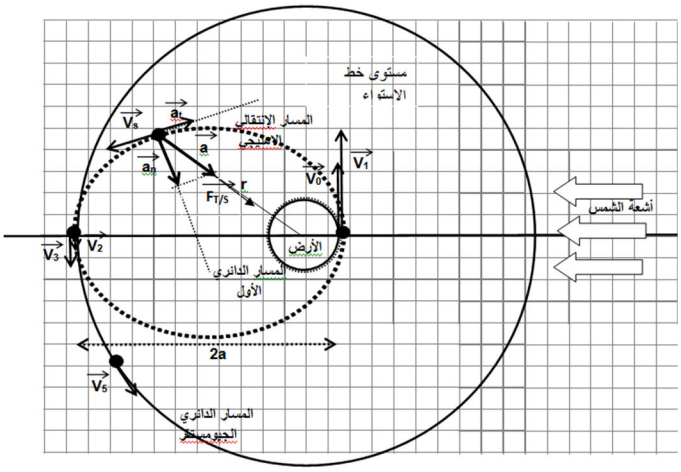
يمكن تلخيص مراحل حركة القمر الجيومستقر كالتالي: بعد استقماره على مدار منخفض دائري نصف قطر 6400km+200km=6600km بسرعة 7.8km/s يتم في نقطة P تغيير المسار بتشغيل محركات مدة قصيرة جدا بتغيير السرعة وتصبح قيمتها تساوي 10km/s (كما توضحه صورة منحنى السرعة في شريط الإطلاق) ومغادرة المسار الدائري في P نقطة الحضيض في المسار الإهليجي الانتقالي. يواصل القمر حركته على نصف الإهليج بسرعة متغيرة حتى يصل إلى A نقطة الأوج بسرعة 1.6km/s حيث يتم تشغيل محركات مدة قصيرة جدا لمغادرة الإهليج إلى المدار الدائري الجيومستقر بحركة منتظمة سرعتها 3.1km/s كما جاء في حل التمرين الثاني لشعبة العلوم التجريبية 2018.

في تمرين حول الكوم سات الأسئلة تتعلق بالسرعات على الإهليج برسمها وتحديد عبارتها وقيمتها.

العلاقات والنتائج في النص والإجابة النموذجية تتعلق بالحركتين الدائريتين المنخفضة والجيومستقرة.

البرهان على عبارة السرعة المدارية العبارات التالية خاطئة:

- $F_{T/S}=m_S.a_N$ خاطئة لأن تسارع القمر $\vec{a}$ أو نرمز له بـ $\overrightarrow{a_S}$ لتمييزه بنصف قطر الإهليج ليس ناظميا وإنما له مركبة مماسيه ومركبة ناظميه كما يوضحه الشكل أدناه.
- $\overrightarrow{a_S}=\overrightarrow{a_N}$ في نقطة الأوج ونقطة الحضيض فقط و $\overrightarrow{a_S}\neq\overrightarrow{a_N}$ في كل النقاط الأخرى لأن $\overrightarrow{a_S}=\overrightarrow{a_N}+\overrightarrow{a_T}$ كما يوضحه الشكل أدناه.



- اعتبار أن تسارع القمر في أي نقطة يساوي $\overrightarrow{a_N}$ أي أن التسارع المماسي معدوم في كل النقاط يؤدي إلى أن الحركة منتظمة، أي تناقض علمي وتعليمي فادح مع هدف السؤال وهو تطبيق القانون الثاني لكبلير الذي يصف الطابع المتغير للسرعة أي وجود تسارع مماسي.
- بما أن التسارع المماسي يساوي $a_T=dv/dt$ فإنه ينعدم في نقطة الحضيض ونقطة الأوج حيث طويلة السرعة تأخذ أكبر قيمة وأصغر قيمة وكان السؤال السابق 3.1 يعتمد على هذه الخاصية لرسم السرعتين بالعناية المطلوبة.
- $a_N=v^2_S/r$ خاطئة لأن r لا يمثل نصف قطر الانحناء في تلك النقطة وإنما يمثّل طول شعاع الموضع.
- $v^2_S=(GM_T/r)$ خاطئة بسبب الأخطاء السابقة.
- كل ما جاء في فقرة حساب قيمة السرعة المدارية خاطئ ومنه النتائج العددية خاطئة.

اقتراح للحل دون الخروج من المنهاج

بما أن القانون الثاني لنيوتن لا يكفي للبرهان على عبارة السرعة المدارية الانتقالية وبما أن المنهاج يحث على تفسير الظواهر المدروسة بالقوى وبالطاقة، كان من الممكن إعطاء السؤال على الشكل التالي: علما أن E_P الطاقة الكامنة الجاذبية للقمر في مجال جاذبية الأرض تساوي $E_P=-GM_Tm/r$ وطاقته الميكانيكية في المسار الإهليجي تساوي $E_M=-GM_Tm/2a$، هل الطاقة الميكانيكية محفوظة في هذه الحالة ولماذا؟ استنتج عبارة السرعة المدارية.

الجواب

إن عبارة الطاقة الميكانيكية $E_M=-GM_Tm/2a$ عبارة مستقلة عن r أي لا تتعلق بوضع القمر على مداره، ومنه نستنتج أن E_M محفوظة. يمكن البرهان بتوظيف نظرية الطاقة الميكانيكية أي تغيير الطاقة الميكانيكية يساوي مجموع أعمال القوى الخارجية. بالنسبة للجملة (قمر+ أرض) أو (قمر في مجال الأرض)، القوى الخارجية معدومة ومجموع أعمالها معدوم أي E_M محفوظة. بما أن الطاقة الميكانيكية تساوي مجموع الطاقتين الحركية والكامنة يمكن استنتاج عبارة v(r) من العلاقة:

$$E_M=Ec+E_P=0.5\ mv^2-GM_Tm/r=-GM_Tm/2a$$

ومنه عبارة السرعة المدارية: $v(r)=(GM_T/a)^{1/2}((2a/r)-1)^{1/2}$ أو

$$v(r)=\sqrt{2GM_T(\frac{1}{r}-\frac{1}{2a})}$$

الإجابة النموذجية على السؤالين1.2 و 2.2	1.2- شكل المدار: دائري مركزه منطبق على مركز الارض - قيمة دوره : بما أن القمر الاصطناعي جيو مستقر فإن دوره $T_S = 24h$ 2.2- حساب الارتفاع عن سطح الارض: باستعمال قانون كبلر الثالث $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_T}$ نجد $r = \sqrt[3]{\frac{T^2.G.M_T}{4\pi^2}} = 42,24\times10^6\ m$ ومنه $h = r - R_T = 42,24\times10^6 - 6,4\times10^6 = 35,84\times10^6 m \mid\mid 36\times10^3\ km$	0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
التعليق	تمثل الإجابة النموذجية على شكل المدار وقيمة الدور تكرارا لما جاء في السؤال الأول حول تعريف مصطلح جيومستقر. في الإجابة على 2.2 النتيجة h=36000km صحيحة ومن المفروض أنها تمثل h_1 أيضا بنفس الرمز ونفس القيمة.	

ملاحظة: في نفس السنة 2018، كان القمر ألكوم سات أحد مواضيع الباك لشعبة العلوم التجريبية ويتعلق بدراسة خصائص المدار النهائي دون المرحلة الانتقالية بمعطيات صحيحة. يُمثل النص والإجابة النموذجية نمطًا من تمرين في متناول التلميذ المتوسط نظرًا للأسئلة والأجوبة الكلاسيكية.

يعتمد الحل على ما جاء في الكتاب المدرسي والحلول السابقة لشرح بصفة غير كافية الفرق بين المرجع والمعلم ولماذا يعتبر المرجع عطاليا.

الشرح بالمدات غير مقنع. المعيار الأساسي لمعرفة هل المعلم عطالي أو لاعطالي هو أن في المعلم العطالي نفسر الحالة الحركية للجملة بالقوى "الحقيقية" أي الناتجة عن تأثير متبادل بين الجمل أي جاذبية أو كهرومغناطيسية. أما في المعالم اللاعطالية، لتفسير الحالة الحركية لجملة القوى "الحقيقية" غير كافية ويجب إضافة لها قوى عطالية أو "شبه قوى" مثل القوة الطاردة المركزية.

كان من الممكن إضافة في الحل أن امتداد الخط المستقيم يمر من المبدأ لكتابة العلاقة $v^2 = a(1/r)$ وحساب معامل التوجيه اعتمادًا على نقطتين متباعدتين على المنحنى وذلك كي يكون الارتياب أصغريا. نلاحظ أيضا في 3.3 نفس النقص في التعليل بغياب أهم خاصية وهي سكون القمر بالنسبة لسطح الأرض.

الموضوع الثاني

يحتوي الموضوع الثاني على (04) صفحات (من الصفحة 5 من 8 إلى الصفحة 8 من 8)

الجزء الأول: (13 نقطة)

التمرين الأول: (06 نقاط)

الكوم سات -1- قمر اصطناعي جزائري تم تركيبه على مستوى مركز تطوير الأقمار **الاصطناعية** ببئر الجير بولاية وهران، من شأنه توفير خدمة الاتصالات والأنترنت، بث القنوات **الاذاعية والتلفزيونية**...، تم إطلاقه بتاريخ 10 ديسمبر 2017.

1. نعتبر قمرًا **اصطناعيًا** (S) **كتلته** m يدور حول الأرض على بعد r من مركزها بحركة دائرية منتظمة.
لدراسة حركة هذا **القمر الاصطناعي، نختار** معلما مرتبطا بمرجع عطالي مناسب.

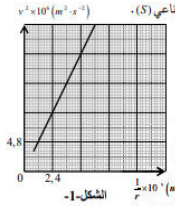
1.1. ما هو هذا المرجع؟ **ولماذا نعتبره عطاليا**؟ ثم عرّف المعلم المرتبط به.

2.1. مثّل كيفيًا شعاع القوة $\vec{F}_{T/S}$ التي تُطبّقها الأرض T على القمر الاصطناعي (S).

3.1. عبّر عن شدة شعاع القوة $\vec{F}_{T/S}$ **بدلالة المقادير** G، M_T، m، r.
حيث: M_T كتلة الأرض.

4.1. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في المرجع المختار، **جد عبارة مربع** سرعة مركز عطالة القمر الاصطناعي v^2 **بدلالة** G، M_T و r.

2. يمثل المنحنى البياني المقابل تطور مربع السرعة المدارية **للقمر** الاصطناعي (S) بدلالة مقلوب البعد $v^2 = f\left(\frac{1}{r}\right)$ (الشكل-1-).



الشكل-1-

1.2. اكتب معادلة المنحى البياني، واستنتج قيمة كتلة الأرض M_T.

2.2. جد عبارة الدور T للقمر الاصطناعي (S) بدلالة G، M_T و r.

3. يدور القمر الاصطناعي الكوم سات -1- في مسار دائري نصف قطره $r = 42400\,km$، **في مستوى خط الاستواء** باتجاه دوران الأرض حول محورها.

1.3. استنتج السرعة المدارية للقمر الاصطناعي الكوم سات -1- اعتمادا على الشكل-1-.

2.3. احسب دور القمر الاصطناعي الكوم سات -1-، وهل يمكن اعتباره جيوستقرا ؟ برّر.

يُعطى: ثابت الجذب العام: $G = 6,67\times10^{-11}\,SI$

الإجابة النموذجية لموضوع اختبار مادة: العلوم الفيزيائية/ الشعبة: علوم تجريبية/ بكالوريا: 2018

عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
الجزء الأول: (13 نقطة)		
التمرين الأول: (06 نقاط)		
1.1 **المرجع** المناسب : المرجع المناسب لدراسة حركة هذا القمر هو المرجع الجيومركزي. **نعتبره عطاليا** لان مدة دراسة حركة القمر صغيرة أمام دور حركة الأرض حول الشمس **تعريف المعلم: مبدؤه** مركز الأرض ومحاوره الثلاث متعامدة ومتجهة نحو ثلاثة نجوم **بعيدة نعتبرها ثابتة.**	3×0,25	2,50
2.1. تمثيل **كيفي لشعاع القوة في** المرجع المختار.	0,50	
3.1. التعبير عن شدة **شعاع القوة:** $F_{T/S} = G\frac{M_T \cdot m}{r^2}$	0,25	
4.1. عبارة v^2 : بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على **مركز عطالة القمر** (S) **في** المعلم العطالي: $\vec{F}_{T/S} = m\vec{a}_G$	0,25	
بالإسقاط على المحور الناظمي نجد: $F_{T/n} = ma_n = m\frac{v^2}{r}$; $\frac{G.M_T.m}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$	0,50	
$v^2 = \frac{G.M_T}{r}$.....(1)	0,25	
1.2. ايجاد العبارة البيانية لمنحى الشكل-1- البيان عبارة عن خط مستقيم يمر بالمبدأ معادلته الرياضية من الشكل : $v^2 = a\frac{1}{r}$ حيث a معامل التوجيه. $a = \frac{\Delta v^2}{\Delta\left(\frac{1}{r}\right)} = \frac{4,8\times4\times10^7 - 0}{2,4\times2\times10^{-7} - 0} = 4\times10^{14}\,m^3\cdot s^{-2}$	0,25	1,50
ومنه $v^2 = 4\times10^{14}\frac{1}{r}$.....(2)	0,25	
- استنتاج قيمة كتلة الأرض M_T . بالمطابقة بين (2) و (1) : $a = G.M_T = 4\times10^{14}\,m^3\cdot s^{-2}$ ومنه: $M_T = 6\times10^{24}\,kg$	0,25	
2.2. عبارة الدور T للقمر (S) بدلالة G ، M_T ، r : $T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_T}}$	0,25	

الإجابة النموذجية لموضوع اختبار مادة: العلوم الفيزيائية/ الشعبة: علوم تجريبية/ بكالوريا: 2018

1.3. استنتاج قيمة السرعة المدارية : $r = 42400km$; $\frac{1}{r} = 2,4\times10^{-8}m^{-1}$	0,25	2,00
بالإسقاط على البيان: $v = 3,1\times10^3 m/s$	0,25	
2.3. حساب الدور : $T = \frac{2\pi r}{v} = 85894s = 23,86h \approx 24h$ (نقبل طرق أخرى)	0,50	
3.3. يمكن اعتبار أكوم سات 1 قمرا جيو مستقرا: التعليل : - يدور في مستوى خط الاستواء.	0,25	
- في نفس اتجاه دوران الأرض حول محورها.	0,25	
- دوره يساوي دور الأرض حول محورها $T \approx 24h$.	0,25	

مقارنة الحلين: نلاحظ وجود نفس طريقة الحل ونفس العلاقات في الحلين رغم الاختلاف الشاسع بين الحالتين أي السرعة على المدار الانتقالي الإهليجي في الباك شعبة ر. و ت. ر. والسرعة على المدار النهائي الدائري في الباك شعبة ع. ت.

الإجابة النموذجية لموضوع اختبار مادة: العلوم الفيزيائية/ الشعبة: رياضيات + تقني رياضي/ بكالوريا: 2018

عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
4.1- عبارة السرعة المدارية v_s :		
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\sum\vec{F} = m\vec{a}$ على القمر الإصطناعي نجد $\vec{F}_{T/S} = m\vec{a}$	0.25	
بالإسقاط على المحور الناظمي نجد $F_{T/S} = m_S.a_N$	0.25	
حيث $a_N = \frac{v_S^2}{r}$ ، $F_{T/S} = G\frac{m_S.M_T}{r^2}$ بالتعويض نجد $v_S = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$	0.25	

تطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة القمر (S) في المعلم العطالي:

$$\vec{F}_{T/S} = m\vec{a}_G$$

بالإسقاط على المحور الناظمي نجد: $F_{T/S} = ma_n = m\frac{v^2}{r}$; $\frac{G.M_T.m}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$

$$v^2 = \frac{G.M_T}{r}.....(1)$$

6. خلاصة

نظرًا للأضرار العلمية والتعليمية الناتجة عن استعمال هذا التمرين في الدروس والتقويم من طرف الأساتذة والتلاميذ، نقترح حذفه من المقررات الرسمية مثل الديوان الوطني للامتحانات والمسابقات والمركز الوطني للتعليم عن بعد أو نشر تنبيه معه حول الأخطاء الواردة فيه.

بصفة عامة خلال تدريس قوانين كبلر والظواهر الفلكية ونظرًا لنقص التكوين في هذا الميدان، توجد صعوبات علمية وتعليمية مع ارتكاب أخطاء وذلك في عدة بلدان، كما سنوضحه في مقال ثانٍ إن شاء الله.

المراجع

[1] المرجعية العامة للمناهج، وزارة التربية الوطنية، اللجنة الوطنية للمناهج، مارس 2009.

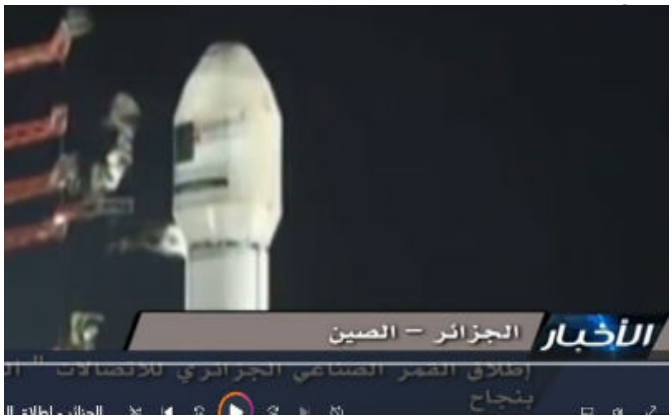
[2] الدليل المنهجي لإعداد المناهج، وزارة التربية الوطنية، اللجنة الوطنية للمناهج، 2009.

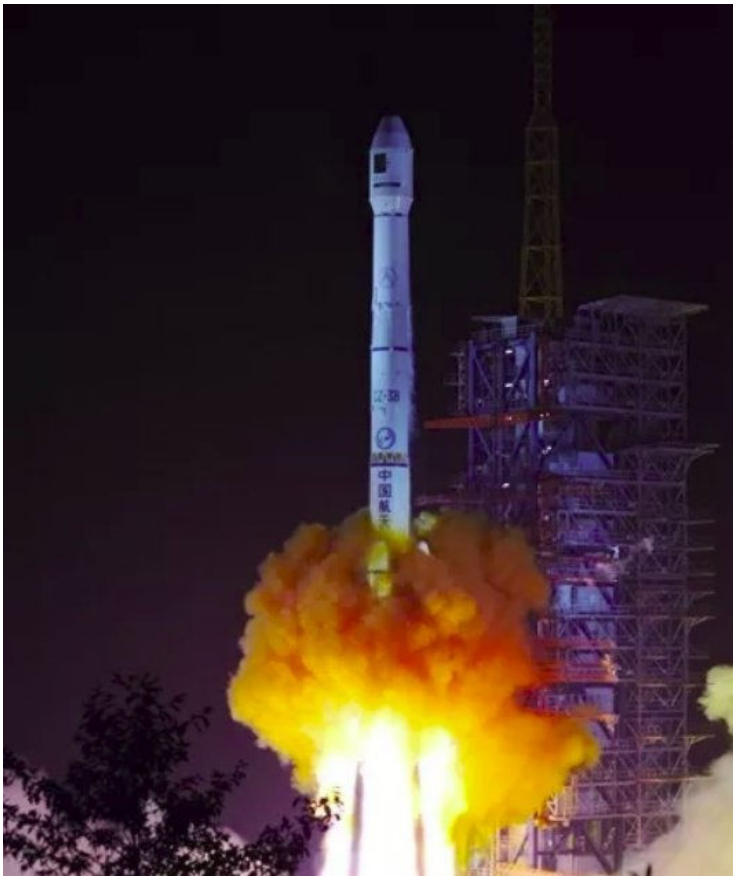
[3] وزارة التربية الوطنية، مناهج التعليم الإجباري، 2003.

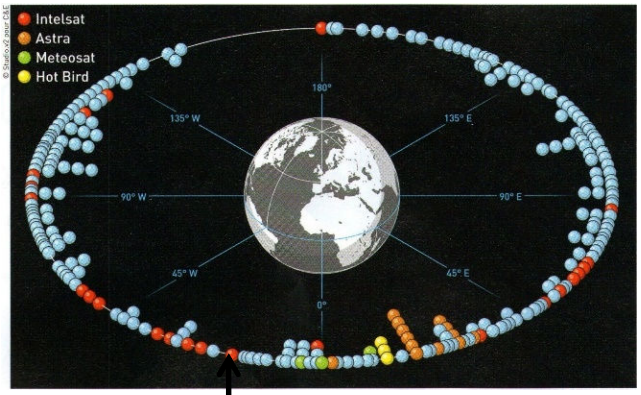
[4] وزارة التربية الوطنية، مناهج التعليم الإجباري، 2015.

[5] وزارة التربية الوطنية، مناهج التعليم الثانوي، 2005.

[6] الديوان الوطني للامتحانات والمسابقات، امتحان شهادة البكالوريا، مادة العلوم الفيزيائية، شعبة ر، و ت. ر.، جوان 2018.







Alcomsat1

علم الفلك باختصار
الغوص في أعماق الكون

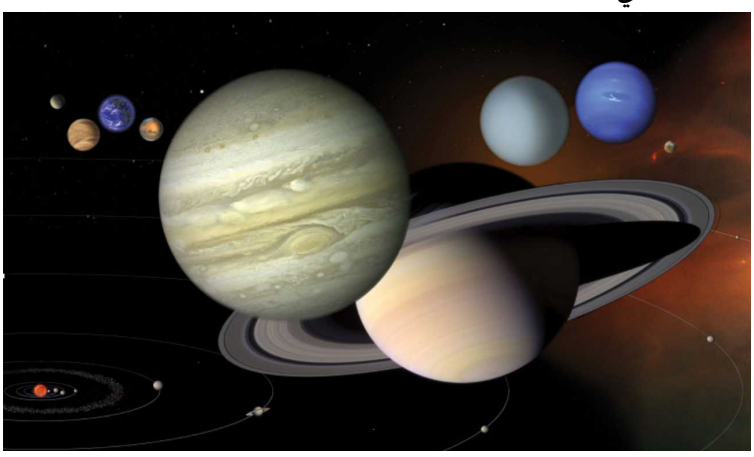
جمال ميموني
أستاذ بقسم الفيزياء، جامعة قسنطينة 1
وحدة البحث في الوساطة العلمية بمركز البحث في الإعلام العلمي والتقني (Cerist)
jamal.mimouni@gmail.com

هذا المقال موجّه للقارئ العام المثقف الذي يمتلك خلفية علمية، نهدف من خلاله إلى إعطاء نظرة شاملة ولكن موجزة عن الكون كما نفهمه اليوم. وهو مُنظّم حول موضوعات رئيسية تشمل المكونات المادية الأساسية من نجوم ومجرات وأجرام أخرى، وكذلك آلات الرصد. سنتطرق أيضًا إلى الجوانب المعرفية حول الكون والكونيات. نقدّم علم الفلك ليس فقط كمشروع علمي بل كرحلة مستمرة من الاكتشاف، تتحدى تصوراتنا وتوسّع معرفتنا، مما يعكس روح علم الفلك كعلمٍ يُلهم ويثقف ويثير الدهشة.

1. مقدمة

يُعَدُّ علم الفلك من أكثر العلوم شمولًا، حيث يكشف لنا عظمة الكون ويمنحنا فرصة لاستكشافه، تُظهرها لنا مراقبة السماء باستخدام التلسكوبات والمجسّات المتخصصة، سواء كانت أرضية أو مدارية. في أبسط تعبير هو العلم المخصص لدراسة الأجرام والظواهر السماوية خارج الغلاف الجوي للأرض.

إن جاذبية علم الفلك تكمن في قدرته على مزج الجمال المرئي للكون مع فهمه بتطبيق قوانين فيزياء محكمة. على عكس فروع العلم الأخرى التي غالبًا ما تتطلب مفاهيم مجردة أو غير محسوسة، يوفر علم الفلك في جله اتصالًا بصريًا وحسيًا بموضوعات دراسته: رؤية السماء المرصعة بالنجوم، أطوار القمر أو الزهرة، حلقات زحل، أشكال وألوان السدم المبدعة. إن علم الفلك ليس جميلًا فقط بما يسمح لنا برؤية مناظر كونية بديعة، بل هو أيضًا بوابة لنظريات ومبادئ علمية تنطلق من فيزياء المخابر الأرضية إلى ما هو أشمل وأعقد. بهذه الطريقة، يسد الفجوة بين جمالية المسرح الكوني والتحفيز الفكري للاستقصاء العلمي.

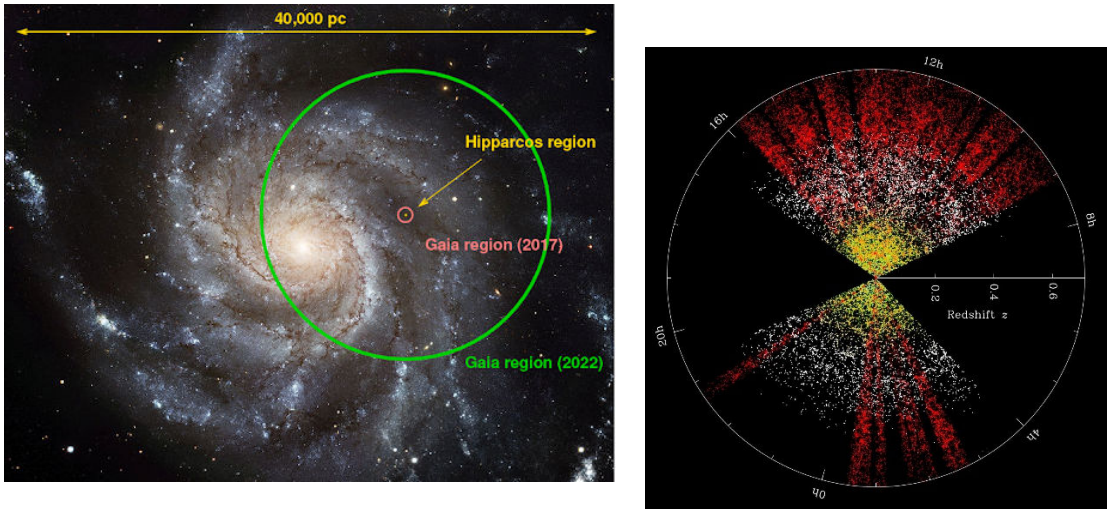


أُضِف إلى هذا أن الكون مليء بالغرائب والألغاز، فالمادة العادية التي تشكل جزءًا صغيرًا من الرصيد الطاقوي للكون تتصف بخواص غير اعتيادية عند ظروف خاصة مثل الأقزام البيضاء والنجوم الممغنطة (Magnetars) والثقوب السوداء. أما المادة المظلمة والطاقة المظلمة المجهولتا الهوية واللتان تلعبان دورًا أساسيًا في تطور الكون، فحدّث ولا حرج.

2. فروع علم الفلك

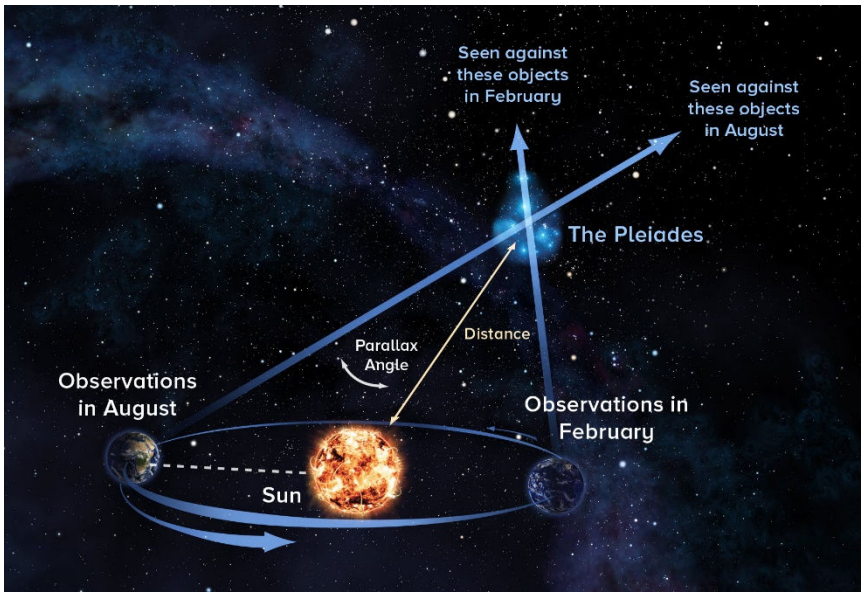
تصف الفروع المختلفة لعلم الفلك ميدانًا واسعًا من مسافات وسلالم زَمَكانيَّة. على الرغم من أن فروعه أصبحت متداخلة إلى حد ما، إلا أنه يمكن تمييز الفروع الرئيسية التالية:

- **علم فلك المواقع** (Positional astronomy): هو أقدم فرع لعلم الفلك، يركز على القياسات الدقيقة لمواقع وحركات الأجرام السماوية التي في الحقيقة، منذ قرن على الأقل، أصبحت مرتبطة بالفيزياء الفلكية؛ إذ تلتقط أطياف الضوء من تلك الأجرام وتحللها. قديمًا، كان هذا الفرع هو الأساس لفهم الدورات الزمانية مثل الفصول والمواسم، وحتى للملاحة في البحر. بصيغته المتقدمة يتمثل في برامج المسح الفلكي واسعة النطاق (Large-scale astronomy surveys) مثل ما يقوم به التلسكوب الأوروبي غايا (Gaia)، ومسح سلون الرقمي للسماء (SDSS).



عمليات مسح الكون واسعة النطاق : على اليسار مسح المقرن لمجرتنا من طرف كل من القمر الصناعي القياسي هيباركوس (Hipparcos) والتلسكوبي غايا (Gaia). وعلى اليمين المجال المجري إلى غاية z=08 في إطار المشروع مسح سلون الرقمي للسماء Sloan Digital Sky Survey (SDSS).

- **علم الكواكب** (Planetology): هو دراسة الكواكب والأجرام الأخرى مثل أقمار الكواكب، الكويكبات، والمذنبات التي تدور حول الشمس. يشمل هذا التخصص مجموعة من التخصصات المرتبطة بعلوم الأرض مثل الجيولوجيا، علم الغلاف الجوي لغرض معرفة خصائص الكواكب وفهم تكوينها وتطورها وحتى إمكانية احتضانها للحياة.
- **علم الفلك النجمي** (Stellar astronomy): هو فرع مركزي في علم الفلك؛ إذ يُمثّل النجم اللبنة الأساسية للكون مثله مثل الخلية بالنسبة للكائنات الحية. يتمثل هذا العلم في دراسة النجوم وخصائصها وتكوينها وتطورها ونهاياتها المحتملة.



الطريقة الهندسية لاستعمال اختلاف المنظر Parrallax الذي يستخدم كخطوة أولى في سلم المسافات.

من خلال التحليل الطيفي أساسًا، تمكّن الفلكيون من تصنيف النجوم إلى أنواع مختلفة وفهم تطورها. يتناول علم الفلك النجمي أيضًا دور النجوم في بنية الكون وديناميكاته، بما في ذلك مساهمتها في تكوين المجرات وتوليد العناصر.

- **علم الفلك المجرّي** (Galactic astronomy): هو الفرع الذي يدرس المجرات: تكوينها، تطورها، خصائصها. يتمثل هذا الفرع في دراسة الهياكل الفلكية الضخمة التي تحتوي على عدد يكاد لا يحصى من النجوم، تسمى بالمجرات الحلزونية، والإهليجية، وغير المنتظمة، وكذلك التجمعات المجرّية. يهدف علم الفلك المجرّي إلى فهم تشكّل وتطور المجرات على مر الزمن ودورها في تشكيل الكون بأسره.
- **علم الكونيات** (Cosmology): هو أحدث فرع لعلم الفلك. يسعى إلى فهم كيفية تطور الكون منذ الانفجار العظيم حتى الآن ويستمر في استكشاف الأسئلة الكبيرة حول أصل الكون ومصيره.
- أما **الفيزياء الفلكية**، فهي علم شامل يستعمل بشكل أساسي في كل فروع علم الفلك؛ فيمكّننا من الغوص في الخصائص الفيزيائية لمكونات الكون وعلى وجه الخصوص للأجرام السماوية، والمادة البينجمية، وتفسير دورة حياة النجوم، بنية وديناميات المجرات. فهو إذًا علم جامع يدخل بشكل أساسي في كل الفروع السابقة.

هناك التفاتة اصطلاحية مهمة: في الأوساط الأكاديمية، الفرق بين علم الفلك والفيزياء الفلكية ضئيل، بل في كثير من الأحيان يُستخدمان بشكل متبادل. لم يعد الفلكيون يشتغلون على المراقبة والوصف العام للأجسام السماوية كما في الفترة الكلاسيكية (إلى غاية بداية القرن العشرين)، بل يدرسونها باستعمال مبادئ الفيزياء الفلكية والتقنيات المستقاة منها.

3. آلات الرصد في علم الفلك

شهدت أجهزة الرصد في علم الفلك تطورًا مذهلًا على مر السنين، بدءًا من التلسكوبات البسيطة مثل منظار غاليليو وصولًا إلى تلسكوب هابل الفضائي ومراصد الأمواج الثقالية وكواشف النيوترينوات في قاع البحار. كان اختراع التلسكوب من قبل غاليليو في أوائل القرن السابع عشر نقطة تحول هامة، حيث أتاح للبشر مراقبة الأجرام السماوية بتفاصيل غير مسبوقة وأدى إلى اكتشافات ثورية مثل أقمار المشتري ومراحل كوكب الزهرة، محولًا علم الفلك من علم يعتمد على المراقبة بالعين المجردة إلى علم يمكنه استكشاف أعماق الكون.

منظار متقدم يستعمل في بعض الجامعات لأغراض تربوية.

تتنوع أدوات الرصد بين التلسكوبات البصرية التقليدية التي تستخدم العدسات والمرايا لجمع الضوء من الأجرام السماوية، والتلسكوبات الراديوية التي تلتقط الموجات الراديوية المنبعثة من الكواكب والنجوم والمجرات. بالإضافة إلى ذلك، هناك تلسكوبات الأشعة تحت الحمراء والأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية التي تكشف عن تفاصيل لا يمكن رؤيتها بالتلسكوبات البصرية. كما تساهم الأدوات العلمية الموجودة في المدار، مثل تلسكوب هابل وتلسكوب جيمس ويب (JWST)، وتلسكوبات الأشعة عالية الطاقة في توفير مشاهدات دقيقة بعيدًا عن تشويش الغلاف الجوي للأرض.

4. محتوى الكون

تعريفًا، فإن الكون يتضمن كل المادة في الوجود، بل حتى النسيج الزمكاني (الفضاء كلاسيكيا) نفسه عند أخذ الكونيات الحديثة بعين الاعتبار. سنصف فيما يلي المحتوى المادي للكون على شكل مكوناته المختلفة من أصغرها إلى أكبرها:

- **الكواكب والأجرام الكوكبية الصغيرة** (Planets and minor planetary bodies)

هي أجرام باردة نسبيا تدور حول الشمس تحت تأثير جاذبية الكواكب. فهي معروفة منذ القديم، وتُرى معظمها بالعين المجردة ليلًا. قد تكون صخرية مثل الكواكب الداخلية من عطارد إلى المريخ، أو غازية مثل الكواكب العملاقة وراء الزهرة من المشتري إلى نبتون.

أما "الأجرام الكوكبية الصغيرة"، فتضم مجموعة متنوعة من الأجسام السماوية داخل نظامنا الشمسي، تتراوح بين الكواكب القزمة مثل سيريس (Ceres) وبلوتو، وأقمار الكواكب، والمذنبات، والكويكبات، إلى غاية الغبار البينكوكبي الذي يُرى من الأرض كالضوء البروجي. تختلف هذه الأجسام في خصائصها مثل، تركيبها وديناميكياتها المدارية. توفر دراسة هذه الأجسام معلومات مهمة حول تاريخ وتطور نظامنا الشمسي على مدى مليارات السنين.

- **الكواكب الخارجية** (Exoplanets)

في السنوات الأخيرة، أحدث اكتشاف الكواكب الخارجية، أي كواكب تدور حول نجوم غير نجمنا الشمس، ثورة في علم الفلك. باستخدام تقنيات متقدمة، وخاصة كواشف محمولة في مدار أرضي مثل تلسكوب كبلر وتلسكوب جيمس ويب (JWST)، تمكن العلماء من اكتشاف آلاف الكواكب خارج نظامنا الشمسي، بعضها قد يكون صالحًا للحياة. في جوان 2024، وصل تعدادها إلى 5.638 كوكبًا مؤكدًا، حيث ثلثا الكواكب المكتشفة أكبر من الأرض.

نذكر من ضمن هذه الطرق تقنية عبور الكواكب أمام قرص نجمها بواسطة فوتومترات حساسة وكاميرات الشحن المشترك (CCD Cameras)، لقياس السرعة الشعاعية بمفعول دوبلر بواسطة المطياف، والتصوير المباشر،

والتداخل. هذه التطورات تفتح آفاقًا جديدة لفهم تكوين الكواكب وتطورها، وتثير تساؤلات مثيرة حول إمكانية وجود حياة خارج الأرض.

عوالم جديدة...
علم الكواكب كجيولوجيا شاملة

- **النجوم**

النجم هو كرة مضيئة من الغاز الساخن (البلازما) تتماسك بفعل الجاذبية. ينتج النجم طاقته من خلال عملية الاندماج النووي التي تحوّل الهيدروجين إلى هيليوم في نواته، مما يتسبب في إطلاق كميات هائلة من الطاقة على شكل ضوء وحرارة. إن تدرّج الضغط الناتج من هذا التدفق الحراري يعارض تمامًا النزعة للانهيار الناجم عن الجاذبية مما يمنح النجم استقراره على مدى ملايين السنين، وبالنسبة لنجم مثل الشمس، مليارات السنين.

خلال حياته الطويلة، يمر النجم بمراحل مختلفة حتى يستنفذ وقوده النووي في نواته فينتهي كقزم أبيض، نجم نيوتروني، أو ثقب أسود حسب كتلته الأصلية. أما الثقوب السوداء، التي هي مصير نجوم ذات كتلة أصلية تفوق كتلة الشمس بحوالي 20 مرة، فهي مناطق من الزمكان ذات جاذبية قوية للغاية بحيث أي كتلة تقترب منها بمسافة حرجة، تسمى نصف قطر شوارزشيلد (Schwarzschild) أو أفق الحدث، لا يمكنها الرجوع إلى الوراء. تحتوي مجرتنا على عشرات الملايين من تلك النجوم المنهارة، كما يوجد في مركزها ثقب أسود عملاق. يُفترض أن المجرات الأخرى تكون على نفس المنوال. أما النجوم النابضة (Pulsars)، فهي نجوم نيوترونية تدور بسرعة فائقة حول نفسها، تصدر أشعة كهرومغناطيسية، وتعمل كمنارات كونية تساعد في فهم الحالات القصوى للمادة.

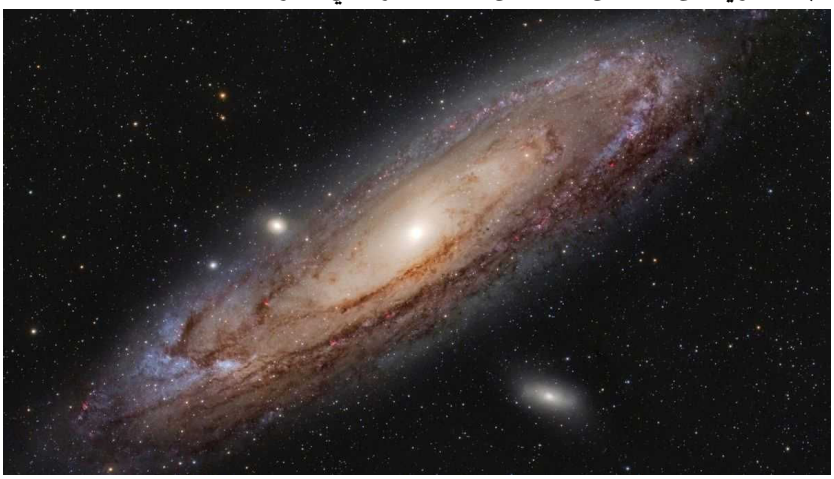
- **السدم**

تُعتبر السُدُم مناطق ولادة النجوم، حيث تُشكل حضانات نجمية تولد فيها النجوم الجديدة من انهيار الغاز والغبار. فهي على شكل سحب ضخمة في وسط المجرات وتلعب دورًا حيويًا في دورة حياة النجوم وتطور المجرات. عند انتهاء حياة النجوم، تطرد هذه النجوم موادها إلى الفضاء، مُشكلةً سُدُمًا كوكبية أو بقايا مستعرات عظمى (مثل سديم السرطان)، مما يُغني الوسط البينجمي بالعناصر الثقيلة. هذه العملية الدورية لتكوين النجوم وموتها داخل السُدُم تُحفز التطور الكيميائي والبنيوي للمجرات الفردية، مما يُشكل تطورها عبر الزمن.

سديم الجبار على مسافة من مكان ولادة النجوم

- **المجرات**

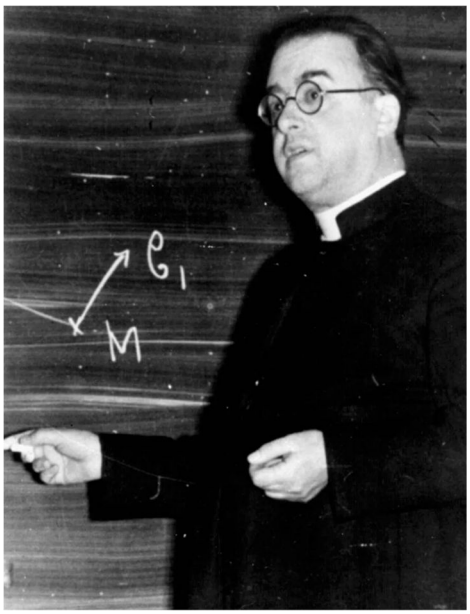
المجرة هي نظام ضخم يتكون من عدد هائل من النجوم بالإضافة إلى بقايا النجوم والغاز البينجمي (Interstellar gas) والغبار. يمكن أن تحتوي المجرة على مليارات بل مئات المليارات من النجوم. تأتي المجرة بأشكال مختلفة مثل الحلزونية والإهليجية وغير المنتظمة. أما عدد المجرات في الكون المرصود فيُقدّر ببضع مئات المليارات مع ارتياب كبير في العدد النهائي. في الحقيقة، معظم المجرات هي المجرات القزمة التي تحتوي على عدد قليل من النجوم (بضع عشرات إلى بضع مئات الملايين) مقارنة بالمجرات الأكبر مثل درب التبانة. على الرغم من أن المجرات الكبيرة تشكل حوالي 1% فقط من العدد الإجمالي، إلا أنها تحتوي على أكثر من 90% من كتلة المجرات في الكون.



مجرة المرأة المسلسلة، أقرب مجرة لمجرتنا درب التبانة.

علينا أن نضيف إلى المحتوى المادي للمجرات كمية من المادة المظلمة، تلك المادة التي لا تتفاعل مع المادة العادية إلا تجاذبيا، مما يجعلها غير مرئية والتي تكون هالة حول كل مجرة. تقدر المحاكاة الحاسوبية الحالية أن نسبة المادة المظلمة في الكتلة الإجمالية للمجرة تصل إلى 87%. هذه النسبة العالية من المادة المظلمة ضرورية لشرح منحنيات الدوران التي تم ملاحظتها في المجرات، حيث تُظهر أن الأجزاء الخارجية من المجرات تدور بسرعة أكبر من المتوقع إذا كانت المادة العادية فقط هي الموجودة. وبناءً على هذه الاعتبارات، فإن الكتلة الإجمالية لمجرتنا تفوق 1000 مليار كتلة شمسية، بدلاً مما كان يُعتقد سابقًا، والذي كان 200 مليار كتلة شمسية فقط بالنسبة لكتلة النجوم. أما مجرتنا درب التبانة، فهي مجرة كبيرة من صنف حلزوني مسطر (Barred spiral) تحتوي على نحو مئتي مليار نجم ويبلغ قطرها حوالي 100.000 سنة ضوئية (1 س.ض. تساوي تقريبا 10^{13} كم). أما شمسنا فهي واحدة من تلك النجوم، وتقع على ذراع الجبار على بعد حوالي 26.000 سنة ضوئية من مركز المجرة.

كيف تتوزع المجرات في الكون؟ فهمنا الحالي هو أنها تتوزع على أساس تنظيم تسلسلي معقد لا نعرف كل تفاصيله. خطوطه العريضة هي كالتالي: تحت تأثير الجاذبية، تتجمع أولًا المجرات في مجموعات تضم عددًا منها يتراوح بين عدة عشرات وعدة مئات. تُدمج هذه المجموعات بدورها لتشكل تجمعات أو عناقيد من المجرات، تضم عدة مئات إلى آلاف من المجرات، مما يحدد هياكل أكبر في الكون. ثم تتحد هذه التجمعات لتشكل عناقيد عليا من المجرات، وهي أكبر الهياكل المرصودة حتى الآن، والتي تحتوي على آلاف التجمعات، مما يسلط الضوء على التنظيم التسلسلي المعقد للكون على مستوى واسع.



عملاقان في علم الكونيات: على اليمين جورج لومتر Georges Lemaître وعلى اليسار إدوين هابل Edwin Hubble

- **الكوازارات ونوى المجرات النشطة (AGN)**

تعتبر من أكثر الأجسام لمعانًا في الكون، وتقطن في مراكز المجرات البعيدة وتتغذى على المادة المتراكمة حول الثقوب السوداء التي تكون "محركها". يمكن توضيح هذا التفاعل والتطور من خلال رسم تخطيطي يبين دورة حياة النجوم وكيفية تطورها من السدم إلى حالاتها النهائية كتشكيلات كونية أكبر مثل، عناقيد المجرات والعناقيد الفائقة (Super clusters). هذه العلاقات والتفاعلات تعكس تعقيد الكون وديناميكيته.

نضيف صنفين من الظواهر الفلكية التي برزت في الفترة الأخيرة، وهي مرتبطة بأجرام سماوية ولا نعرف جيدًا الآليات الفيزيائية وراءها.

- **كيلونوفا (Kilonova)**

هي ظاهرة ناجمة عن اندماج نجمين نيوترونيين أو نجم نيوتروني وثقب أسود، وتؤدي إلى انفجار من الإشعاع القصير الأمد لكنه شديد القوة، وإنتاج عناصر ثقيلة كان وجودها لغزًا لأن الانفجارات النجمية على شكل المستعرات العظمى لا تستطيع توليدها. كما تطلق كيلونوفا خلال الاندماج كمية هائلة من الطاقة في شكل موجات جاذبية وإشعاعات. تكون هذه الأحداث أكثر ندرة وأكثر طاقة من انفجارات من نوع نوفا (Nova) ولكن أقل طاقة من المستعرات العظمى. وقد تم التنبؤ النظري بهذه الظاهرة لأول مرة عام 2010. أما أول رصد لها فكان في أغسطس 2017 مع اكتشاف موجات تجاذبية ناجمة عن دمج نجمين نيوترونيين متبوعًة بأرصاد لهذا الحدث الكارثي عبر كامل الطيف الكهرومغناطيسي.

- **الانفجارات الراديوية السريعة (Fast Radio Bursts)**

هي عبارة عن صنف جديد من الظواهر الفلكية، تتمثل في انفجارات راديوية ذات نبضات قصيرة (FRBs) ومكثفة، تنبعث من مجرات بعيدة، وتدوم عادة لفترة قصيرة تصل إلى بضع ميلي ثوانٍ، ولكن شدة الانبعاث تعادل مئات الملايين من الشموس. تم اكتشاف أول انفجار راديوي سريع عام 2007، ومنذ ذلك الحين تم اكتشاف آلاف منها. ومع ذلك، يظل مصدرها الدقيق مجهولًا. والغرابة في هذه الظاهرة المحيرة هي أن الطاقة الفائقة تصدر في طول موجي طويل وفي معظمها خلال فترة قصيرة، وهي ظاهرة لم يسبق لها مثيل في علم الفلك. كل هذه الأجسام موزعة ضمن الكون الأكبر بعدد يكاد لا يحصى، وذات صلة وطيدة ببعضها البعض من نجوم وسدم وأجرام منهارة، حيث إن ولادة بعضها يسمح بولادة الأخرى.

وفي الأخير، يلعب كل مكون دورًا حاسمًا في بنية المجرات وديناميكياتها. تتجلى الآن الصورة الكبيرة للكون إذ وضحت لنا الفيزياء الفلكية كيف ترتبط السدم، النجوم، الثقوب السوداء، المجرات، والكوازارات في سلسلة متواصلة من الأحداث الكونية المتداخلة، مشكلة بذلك نسيجًا معقدًا يمثل البنية الأساسية للكون. تساهم هذه العناصر في تشكيل النجوم في السدم وتطورها إلى أجسام كونية نهائية مثل الثقوب السوداء، والتي بدورها تؤثر على تطور المجرات وتكوين العناقيد المجرية.

5. علم الكونيات، علم الكل!

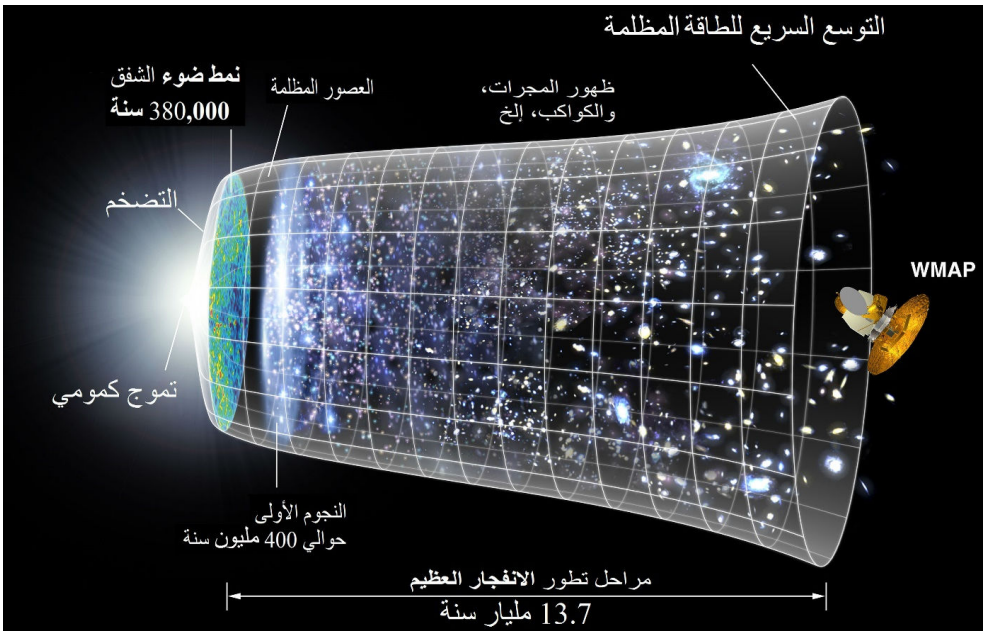
علم الكونيات أو الكوسمولوجيا هو فرع علم الفلك الذي يدرس علميًا هيكلة وأصل وتطور ومصير الكون، متطرقًا إلى أعمق أسئلة الوجود، فوُصف بأنه علم الكل! إنه مقاربة طموحة وجريئة، مما دفع العديد من العلماء في القرن الماضي إلى اعتباره خارج نطاق العلم التجريبي. كانوا يرونه مجرد تخمينات بحتة، غير مبني على بيانات تجريبية كافية. عبّر الفيزيائي إرنست رذرفورد (Ernest Rutherford) عن هذا الشك بقوله الشهير: "لا تدعني أمسك أحدًا يتحدث عن الكون في مخبري". ومع ذلك، وبفضل التقدم الكبير الذي طرأ على الميدان، وخاصة أعمال آينشتاين من الجانب النظري وأعمال مكتشف توسع الكون إدوين هابل من الجانب الرصدي، أصبح الكونيات مجالًا علميًا محترمًا اليوم.

يتضمن علم الكونيات فحص الخصائص واسعة النطاق للكون ككل وفهم القوانين الفيزيائية التي تحكمه. يستخدم علماء الكونيات البيانات الرصدية والنماذج النظرية لاستكشاف مراحل تطور الكون منذ الانفجار العظيم، بما في ذلك التضخم الكوني، توزيع المجرات والهياكل الكبرى، والمركبات المادية الأخرى مثل، المادة المظلمة والطاقة المظلمة. يجمع هذا المجال بين جوانب من علم الفلك والفيزياء والرياضيات لتقديم فهم شامل لماضي وحاضر ومستقبل الكون.

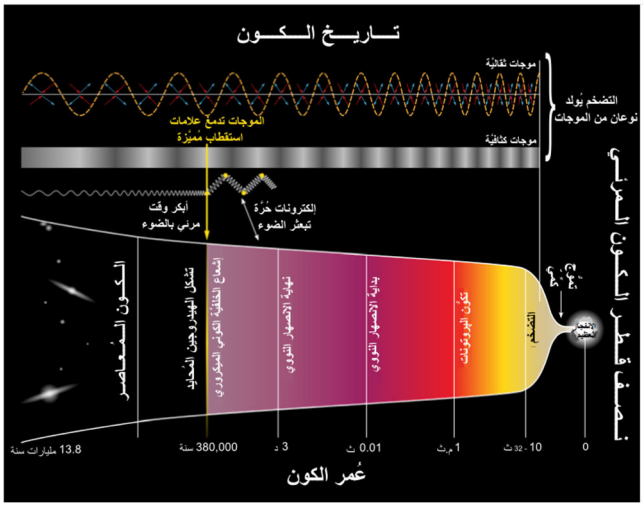
تقدم لنا نظرية الانفجار الكبير، التي أصبحت محل إجماع الفلكيين في خطوطها العريضة، إطارًا لفهم ولادة الكون وتوسعه التالي.

إن كل من رصْد إشعاع الخلفية الكونية الميكروي (CMB) وتوزيع المجرات ووفرات العناصر الكيميائية الخفيفة يدعم هذا النموذج، موضحًا تطور الكون على مدى حوالي 13.8 مليار سنة. المادة المظلمة والطاقة المظلمة هما عنصران حاسمان في هذه الرواية الكونية. فالمادة المظلمة، من خلال تأثيرها التجاذبي، تعمل كسقالة لتشكيل المجرات وعناقيد المجرات. أما الطاقة المظلمة، فهي قوة غامضة تدفع بتسارع توسع الكون، وتهيمن على ميزانية الطاقة الكونية. يشكل هذان المكونان تحديًا لفهمنا للفيزياء، مما يوحي بأن الكون مليء بالظواهر التي لم يتم تفسيرها بشكل شامل بعد.

أصبح الآن علم الكونيات، الذي كان يُرفض في السابق على أنه تخميني، في قلب البحث العلمي حول الأسئلة الأساسية للوجود، حيث يجمع بين جمال السماء الليلية وتعقيد البحث العلمي لتقديم فهم عميق للكون ومكاننا فيه



المراحل المختلفة لتطور الكون حسب النظرية المعتمدة لإنفجار الكبير



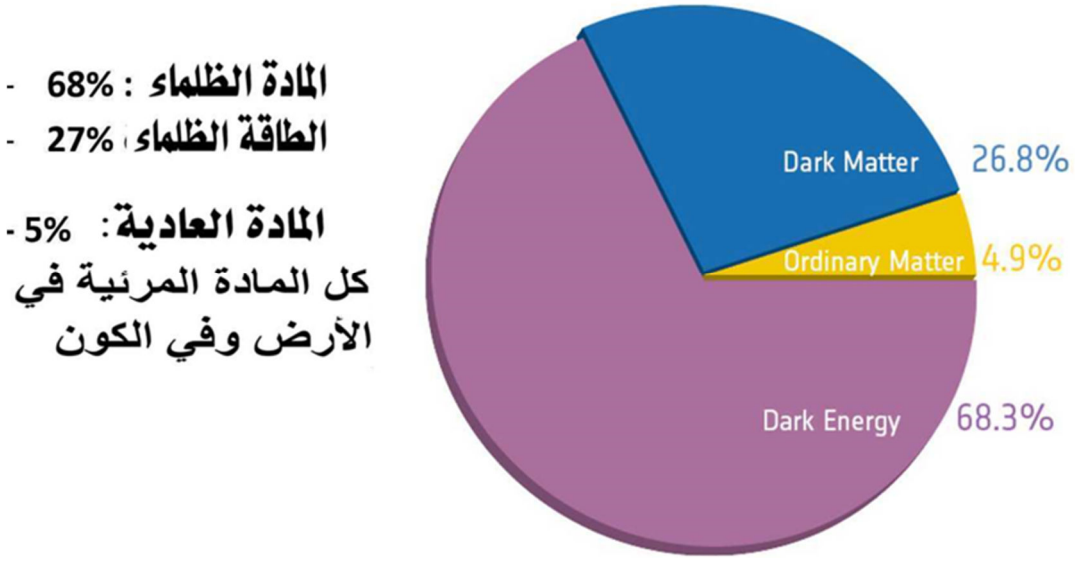
تاريخ وعمر الكون

6. الختام

يبرز علم الفلك كمجال معرفي يمزج بين جمال السماء الليلية وقدرة الفكر البشري على الفهم من خلال العلم، مقدمًا لنا فهمًا أعمق للكون ومكاننا فيه. فمن خلال استكشاف فروعه المختلفة، من علم الفلك الوضعي إلى الفيزياء الفلكية والكوسمولوجيا، نتمكن من رؤية الكون بمنظور شامل ومتعدد الأبعاد. لا يكمن سحره في الصور المذهلة للمجرات والسدم فقط، بل أيضًا في السعي لفهم الآليات المعقدة للكون.

كان العرض موجزًا للغاية نظرًا لحجم الموضوع (كل شيء!). وللقارئ الذي يفضل الاختصار ويرغب في الوصول إلى الجوهر، فإن أبسط، ولعل أبلغ، وصف للكون هو أنه يتكون من مجموعة هائلة من المجرات مهيكلة على شكل عناقيد وعناقيد عليا. وإذا كان النجم يمثل اللبنة الأساسية للكون على نطاق صغير، فإن المجرة تشكل الوحدة المادية الأساسية على نطاق كبير.

لا شك أن المستقبل حافل باكتشافات ستدقق صورة الكون كما قدمناها في هذا المقال، وستُغيّر حتمًا بعض فصولها الحالية.



المركبات المادية للكون

جدول: المميزات الأساسية المقارنة للأجرام السماوية مرتبة من الأصغر إلى الأكبر

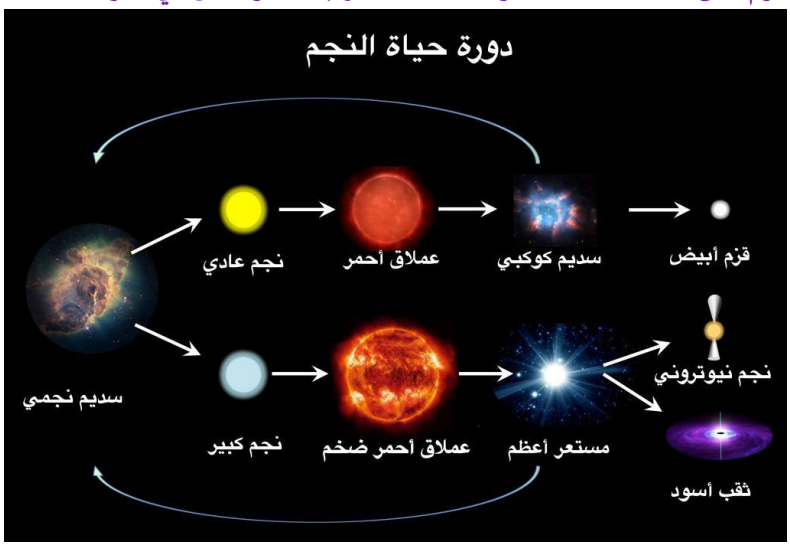
سنة الاكتشاف	الكثافة (غم/سم³)	متوسط العمر الافتراضي	اللمعان (بأضعاف لمعان الشمس)	نصف القطر (كم)	الكتلة (بأضعاف كتلة الشمس)	نوع الجرم السماوي
ما قبل التاريخ	~ 0.6	أشهر إلى سنوات (الطور النشط)	مهمل	1-10 (نواة)	$\sim 10^{-12}$	مذنب
ما قبل التاريخ	0.7 إلى 5.5	حتى 10 مليار سنة	مهمل	2.500 إلى 140.000 (عطارد إلى المشتري)	10^{-6} إلى 10^{3}	كوكب
1995	10-100	10 إلى 100 مليار سنة	< 0.0001	~ 70.000 إلى 140.000	0.013 إلى 0.08	القزم البني (Brown dwarf)
1967 (كنجوم نابضة)	$\sim 4\times10^{17}$	ملايين إلى مليارات السنين	-	~10	1.1 إلى 2.16	نجم نيوتروني
1998	$\sim 4\times10^{17}$	10.000 سنة (الطور النشط)	-	~ 10 إلى 20	1 إلى 2	مغناطستار (Magnestar)
(مرصود) 1914	$\sim 10^{6}$	مليارات السنين	0.001 إلى 100	~7,000	0.2 إلى 1.33	القزم الأبيض
1916 (متوقع) 1971 (محدد لأول مرة)	-	-	-	يتغير نصف قطر (الأفق)	كتلة نجمية 3<	الثقب الأسود
قديم	1.41	~ 10 مليار سنة	1	700.000	1	نجم (مثل الشمس)
1963	-	10 مليون - 1 مليار سنة	10^{12} - 10^{14}	-	10^{6} إلى 10^{9}	الكوازار
قديم	-	10 مليون إلى 1 مليار سنة	-	20 س.ض.	10^{2} إلى 10^{5}	عنقود نجمي
أوائل القرن العشرين	-	مليارات السنين	-	2.000 إلى 30.000 س.ض.	10^{7} إلى 10^{9}	المجرة القزمة
قديم، تم فهم البنية في القرن العشرين	-	-	-	~ 100.000 س.ض.	~ 1.5 تريليون	المجرة (درب التبانة)
ثلاثينات القرن العشرين	-	-	-	2 إلى 10 مليون س.ض.	10^{14} إلى 10^{15}	عنقود المجرات
ثمانينات القرن العشرين	-	-	-	~ 100 مليون س.ض.	10^{16}	العنقود الفائق (Supercluster)

يلخص الجدول أعلاه الخصائص الرئيسية لمختلف الأجرام السماوية، من المذنبات إلى العناقيد المجرية الفائقة. البيانات المقدمة تقريبيةٌ، حيث يمكن أن تختلف القيم الدقيقة بشكل كبير بناءً على الأجرام السماوية المحددة والبحث الفلكي الحالي. يعكس عمود سنة الاكتشاف الوقت الذي تم فيه تحديد أو تنظير الجسم لأول مرة بطريقة متوافقة مع علم الفلك الحديث.

مخطط توضيحي حول دورة حياة النجوم

يمكن توضيح دورة حياة النجوم من خلال رسم تخطيطي يُظهر كيف يتطور النجم من غيمة مجرية إلى حالات نهائية مثل قزم أبيض، نجم نيوتروني، أو ثقب أسود.

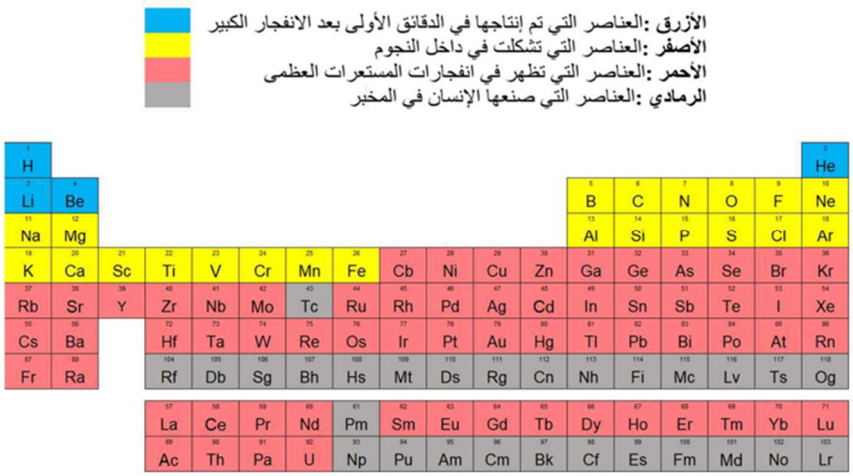
دورة حياة النجوم وفق الكتلة: تمثيل تطور النجمة بمقارنتها بتطور كائن حي: الولادة، الشيخوخة، الموت



مخطط توضيحي حول أصل العناصر الكيميائية

إن العناصر الكيميائية في الكون تشكلت خلال تاريخ الكون عن طريق عمليات مختلفة، فمنها واسعة النطاق مثل تركيب الهيدروجين والهليوم بضع ثوان بعد الانفجار العظيم، وأخرى على مستوى النجوم في مرحلة العملاق الأحمر أو عند انفجارات المستعرات العظمى عبر عملية الاندماج النووي. لاكتمال الصورة، عرفنا قبل سنوات قليلة أن اندماج النجوم النيوترونية يساهم في تكوين العناصر الثقيلة جدًا مثل الذهب والبلاتين.

الجوانب الكيميائية لتطور النجوم والعناصر الصناعية



في التربية والتعليمية

لماذا التفكير الإبداعي
والتفكير النقدي معا؟ (2)

مصطفى عشوي
أستاذ علم النفس في جامعة الجزائر سابقا
amusta2009@gmail.com

مقدمة

بعد جهود الفلاسفة في دراسة العقل والوعي والشعور والتفكير وأنماطه، أصبح علماء النفس وخبراء التربية يهتمون بالفكر والتفكير وارتباطهما باللغة والتعليم والتعلم. ومن بين الدراسات الرائدة في هذا المجال دراسات بياجي (Piaget)، وتشومسكي (Chomsky).

ونظرًا لاهتمام علماء النفس والتربية بتطوير التفكير بصفة عامة وأنماط التفكير الإبداعي والتفكير النقدي بصفة خاصة، فقد أصبح الاهتمام في العقود الأخيرة منصبًّا على دراسة كيفية تطوير هذه الأنماط في مراحل التعليم والتعلم المختلفة وخاصة في إطار النظام التربوي الرسمي (الروضة والمدرسة والثانوية والجامعة).

وعليه، فقد بدأت المدارس والجامعات تُعلّم الأطفال والطلاب أنماطًا متطورة من التفكير بهدف إعدادهم للحياة المهنية إعدادًا يتسم بالكفاءة والفاعلية. وفي هذا الإطار، فإننا نلاحظ أنّ بعض الجامعات قد بدأت تدرّس للطلاب مقررات تتعلق بالإبداع والحل الإبداعي للمشكلات، مثل الجامعة الإسلامية العالمية بماليزيا. بينما عمدت مدارس وجامعات أخرى، كما ذكر ذلك كل من سوارتز (Swartz) وَفيشر (Fisher) وَباركس (Parks) [24]، إلى دمج أنماط التفكير المختلفة ضمن مقررات الاختصاص نفسها أو أنشطة تعليمية مختلفة.

ويُعتبر موضوع دمج أنماط التفكير المختلفة، ومن بينها التفكير النقدي، من ضمن متطلبات الاعتماد الأكاديمي لبعض هيئات الاعتماد مثل الهيئة الأمريكية لاعتماد برامج إدارة الأعمال (AACSB)، عندما تتقدم جامعة ما للحصول على الاعتماد من هذه الهيئة، كما كان الشأن بالنسبة لجامعة الملك فهد للبترول والمعادن، وغيرها من الجامعات التي حصلت على هذا الاعتماد.

ونحن إذ نؤكد على ضرورة إدماج هذه المهارات في المقررات والبرامج الأكاديمية المختلفة، وفي الأنشطة اللاصفية أيضا، فإننا لا نرى، في حدود علمنا، دراسات كثيرة وخاصة في البلدان العربية خاصة بتبيان العلاقة بين التفكير الإبداعي والتفكير النقدي، سواء كان ذلك من الناحية الفسيولوجية أم من الناحية التربوية (التعليم، التعلم). وهذا ما دفعنا لتقديم هذا المقال بهدف توجيه الباحثين إلى هذا الموضوع لأهميته من الناحية التربوية التطبيقية (التعليم والتعلم)، ومن ناحية البحث العلمي أيضا.

ونهدف في هذا المقال إلى:

1- تبيان أهمية الاهتمام بالدماغ الأيسر والدماغ الأيمن معًا، أثناء عمليات التعلم والتعليم، باعتبار أنّ الأول هو المركز الأساسي للتفكير النقدي والتحليلي، واعتبار الثاني المركز الأساسي للعمليات الإبداعية.

2- تبيان أهمية تصميم البرامج الدراسية بمقرراتها وأنشطتها المختلفة بشكل يحفز أساسًا الأقسام العلوية من الدماغ (اليمنى واليسرى) ولكنه لا يهمل الأقسام السفلى، والتنبيه إلى أهمية تصميم **برامج تدريبية** (تطبيقية) لتطوير قدرات ومهارات الإبداع والتفكير النقدي معًا.

3- التنبيه إلى ضرورة تكامل جهود المؤسسات المختلفة في العمل على إزالة عوائق التفكير النقدي والإبداع سواء كانت هذه العوائق على مستوى الأسرة أو المدرسة أو على مستوى المجتمع ككل أو على مستوى الفرد ذاته، وتشجيع البحث العلمي في هذا المجال.

4- الإشارة إلى ضرورة بناء القدرات والمهارات المتعلقة بالتفكير النقدي والإبداع في شكل **تكاملي** في جميع مراحل التعليم الرسمية وغير الرسمية (الأسرة، الروضة، المدرسة، الثانوية، الجامعة).

1. ما هي العلاقة بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي؟

اختلفت مواقف الباحثين فيما يتعلق بالعلاقة بين مفهومي التفكير النقدي والتفكير الإبداعي؛ فبينما يرى بعضهم مثل فيشر (Fisher) [17] أن العلاقة تكاملية، أورد بعضهم مثل فورستر (Forrester) [18] أن التفكير النقدي تابع للتفكير الإبداعي ومدعم له حيث يمكّن التفكير النقدي من تقويم الحلول المختلفة التي يقدمها التفكير الإبداعي واختيار أحسن الحلول. وأكد نبهان [10] أن التفكير الإبداعي يشير إلى استلهام أفكار جديدة وأصيلة بينما يظهر التفكير الناقد في تقويم الأفكار الابداعية، والفائدة المتحققة من تطبيق تلك الأفكار على المستوى اللفظي والعملي، وأن التفكير الابداعي يربط بين الأسباب والنتائج بناءً على معلومات كثيرة، بينما يعمل التفكير الناقد على تقديم التعليل أو البرهان لتفسير مطروح.

ويعرّف التفكير الإبداعي بأنه تكوين الحلول الممكنة لحل مشكلة ما أو إيجاد توضيحات ممكنة لظاهرة ما. في حين التفكير الناقد هو اختيار وتقويم الحلول المقترحة. وقد أظهرت دراسة فيشر [17] وجود ارتباط قوي وواضح بين التفكير الناقد والتفكير الإبداعي. وفي هذا الإطار لا يميز السليتي [2] تمييزًا واضحًا بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي؛ فجميع أشكال التفكير الجيد تتضمن تقويمًا للجودة أو النوعية، وإنتاج ما يمكن وصفه بالجدية، وانشغال الدماغ بعملية تفكير مركبة؛ فأصحاب التفكير الناقد يولّدون أفكارا لتقويم صدقها وصلاحيتها للاستخدام. ويعتبر بعضهم أن التفكير الناقد تقويمي وأن التفكير الإبداعي توليدي (للحلول). لكن هذين النمطين ليسا متناقضين، بل إنهما متكاملان كما سنرى عند الإجابة عن السؤال الثالث لهذه الدراسة.

أما من الناحية الفسيولوجية، فقد عرفنا، في الجزء الأول من المقال، أن قدرات أو مهارات التفكير النقدي ترتكز في الجانب العلوي الأيسر من الدماغ بينما ترتكز قدرات أو مهارات التفكير الإبداعي في الجانب الأيمن من الدماغ. ولا شك، أن بينها تشابكا وتفاعلا وتكاملا، وأن الدماغ لا يشتغل كآلة ميكانيكية.

ورغم عدم اتفاق الباحثين على نوع العلاقة الموجودة بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي إلا أن فيشر [17] قد قدّم مقارنة بين المفهومين تساعدنا على ملاحظة الفروق بينهما، كما هو موضح في الجدول 1.

ورغم بعض المحاولات للتمييز بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي ودراسة العلاقة بينهما إلا أن باحثين آخرين يرون ضرورة الجمع بينهما. فقد أكدت فورستر [18] مثلا، إن التمييز بين المفهومين لا يفيد في الفصول الدراسية لأنه ينبغي للطلاب أن يفكروا بطرق نقدية وإبداعية معا، وأن تشجيع تدريس مهارات التفكير وفق نمط تفكير واحد غير مفيد، وتؤكد بالتالي على ضرورة الجمع بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي في مراحل التعليم المختلفة. وأضافت مؤكدة أنه من واجب المؤسسات التربوية مساعدة الطلاب وإعدادهم للتفكير بأسلوب مرن مما يؤهلهم للتوافق مع بيئات العمل المختلفة.

الجدول 1. مقارنة بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي: عن فيشر [17]

التفكير النقدي	التفكير الإبداعي
تحليلي	منتج

تقاربي	تباعدي
عمودي	جانبي (فرعي)
احتمالية	إمكانية
إصدار الأحكام	عدم إصدار الأحكام
اختبار الفرضية - الفرضيات	تشكيل الفرضيات
موضوعي	ذاتي
الجواب	جواب (أحد الأجوبة)
مغلق	مفتوح
خطي	ترابطي
استدلالي	تخميني – افتراضي
منطقي	حدسي
نعم ولكن	نعم مع

ويُعتبر ماير (Meyers) [20] من الذين ألحوا على ضرورة إعداد بيئة مناسبة لتشجيع تنمية التفكير النقدي وتطويره. وهذا ما يتطلب حسب رأيه توفير الشروط الأربعة التالية:

- إثارة الطلاب وتحفيزهم؛
- إثارة مناقشة ذات مغزى؛
- التعرض لأفكار ووجهات نظر الآخرين؛
- إعداد جو يتسم بالدعم والثقة وتحسينه.

ولتوضيح العلاقة التكاملية بين أنواع التفكير المختلفة وعلاقتها بالتعلم والتعليم، طرحنا السؤال الآتي.

2. ما هي أوجه التكامل بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي في التربية والتعليم؟

يُجمع معظم الباحثين على تأكيد أهمية كل من التفكير النقدي والتفكير الإبداعي في عمليات التعلم والتعليم. ولكن عددا قليلا فقط منهم من يؤكد على ضرورة الجمع بين هذين النوعين من التفكير في مراحل التعليم المختلفة. ومن هؤلاء الباحث الأمريكي توماس (Thomas) [25] الذي أكد أن تعلّم الطلاب التفكير النقدي في السنة الجامعية الأولى سيرفع وعْيهم بأهمية هذا النوع من التفكير وحاجتهم إليه، كما سيمكّنهم من استعمال وإدماج مهارات التفكير النقدي خلال السنوات القادمة من دراستهم، وفي المقررات والأعمال المختلفة. وعليه، فإن تطوير التفكير النقدي ينبغي أن يكون عملية مستمرة خلال المرحلة الجامعية كلها.

ومن الذين أكدوا على أهمية الجمع بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي فورستر [18] التي أشارت إلى أن التعليم لا ينبغي أن يركز على المهارات الأساسية والمعرفة فقط، بل ينبغي التركيز أيضا على تدريس وممارسة مهارات التفكير النقدي والتفكير الإبداعي، لأن هذه المهارات هي التي تشجع على التعلم والتطوير الذاتي مدى الحياة.

ولقد جاء هذا التأكيد على ضرورة تشجيع الطلاب وتحفيزهم على ممارسة التفكير النقدي والتفكير الإبداعي بعد أن أثار بعض الباحثين موضوع تدني مستوى مهارات التفكير النقدي حتى لدى الطلاب الجامعيين. وهذا ما أثاره بيكر وراد (Baker & Rudd) سنة 2001 [12]، اللذان أشارا إلى أن للتعليم الجامعي تأثيرًا بسيطًا في قدرة الطلاب ليكونوا مبدعين، وفي استعدادهم للتفكير بصفة نقدية. وقد انتقد هذان الباحثان طريقة التدريس التقليدية التي تعتمد على التلقين والحفظ والاختبارات التي تمتحن الطلاب في قدرتهم على الحفظ في مراحل التعليم بالثانويات وبالجامعات.

وأكّدا في الوقت ذاته، على أنّ طريقة التدريس التي تهدف لترقية التفكير أصعب بكثير من طريقة التدريس التقليدية إذ تتطلب وقتًا أطول لإعداد الدروس، وهي أصعب في التخطيط، وهي تحدد حجم المادة التي تقدّم "التي تعلم". وفي آخر الدراسة، ألح الباحثان على ضرورة تدريس الطلاب مهارات التفكير النقدي والتفكير الإبداعي، وضرورة القيام ببحوث أكثر في هذا المجال.

وفي البلدان العربية، بيّنت دراسة قام بها مرعي ونوفل [9] أن درجة امتلاك مهارات التفكير الناقد لدى طلبة كلية العلوم التربوية الجامعية (الأونروا) الذين يمثلون المستويات الدراسية، دون المستوى المقبول تربويًا والذي حدد بـ (80%). وبيّنت نتائج الدراسة أيضا وجود فرق في مستوى مهارات التفكير الناقد تبعًا لمتغير الجنس وذلك لصالح الإناث. فيما كانت هناك فروق تبعًا للمستوى الدراسي وذلك لصالح طلاب السنة الأولى والثانية. ومن أهم ما دلّت النتائج أيضًا عليه، وجود علاقة إيجابية بين معدل شهادة الدراسة الثانوية العامة ومستوى مهارات التفكير الناقد في مهارة الاستدلال، والمعدل التراكمي من جهة ثانية ومستوى مهارات التفكير الناقد في مهارات الاستقراء، والاستدلال والتقييم من جهة أخرى. وتبيّن في دراسة لمبارك [8] أن هناك انخفاضا في مستوى التفكير النقدي عند طلبة الصف العاشر في دولة الإمارات العربية المتحدة. وقد جاءت مهارة الاستدلال في المرتبة الأولى تلتها مهارة التقويم ثم التحليل ثم الاستقراء وأخيرا الاستنتاج.

أما فيشر [17] فقد أكّد على أهمية كل من التفكير النقدي والتفكير الإبداعي في العملية التربوية حيث إن التفكير النقدي ضروري للحكم على الأفكار الجديدة، والعمليات والمواد التي يولّدها أو ينتجها التفكير الإبداعي. وعليه، ينبغي تحفيز الطلاب على التفكير، كما ينبغي إعطاؤهم وقتًا لتطوير الأفكار والتعاون مع ضرورة وجود هيئة تدريس تقدّم المعلومات والملاحظات والتحفيز لهم. وألح فيشر أنه، وبالرغم من قيام المعلّمين المبدعين بتشجيع المتعلّمين المبدعين، إلا أنه من الضروري أن يقوم المعلّمون باستعمال التفكير النقدي لتقويم طرق تدريسهم، وأساليب تعلّم تلاميذهم (طلابهم). وعليه، استنتج فيشر أن النظام التربوي يحتاج المعلمين والطلاب القادرين على ربط الأفكار مع بعض، والقادرين على رؤية أوجه الشبه والاختلاف، والمتّصفين بالمرونة وحب الاستطلاع في تفكيرهم. وأكّد فيشر في الأخير أن مسؤولية التعلم الفعال مشتركة بين المعلمين والمتعلمين.

وفي دراسة قام بها سميث (Smith) [23] سنة 2014 حول مهارات التفكير عند طلاب إدارة الأعمال استخلص ما يلي:

1- ينبغي لأقسام إدارة الأعمال بالجامعات أن تتبنّى رؤية شاملة للتفكير الفعال الذي ينبغي أن يتضمّن المعرفة والمهارات والتطبيق.
2- ينبغي لهذه الأقسام أن تخصص مقررات لتعليم التفكير مثل حل المشكلات واتخاذ القرارات إلى جانب دراسة مواضيع ذات العلاقة في مواضيع التخصص المختلفة.
3- ينبغي لأعضاء هيئة التدريس تحديد مهارات التفكير التي يحتاجها الطلاب للنجاح في حياتهم المهنية، وتضمين هذه المهارات في المقررات المختلفة.
4- استعمال اختبارات موضوعية لقياس مهارات التفكير وخاصة التفكير النقدي لدى الطلاب كل خمس سنوات مثلًا.

إذا كانت هذه وضعية تدريس التفكير النقدي والتفكير الإبداعي في بعض البلدان الغربية مثل الولايات المتحدة، فإن عوائق التفكير الإبداعي قد كانت موضوع بحث ميداني [6] في تسع بلدان عربية، حيث بينت النتائج المحصل عليها في هذا البحث أن الطلبة الجامعيين العرب يعانون عوائق الإبداع بصفة عامة؛ وأن أشد عوائق الإبداع التي يعانونها هي العوائق المتعلقة بمفهوم الذات (الثقة بالنفس والمخاطرة) والعوائق المتعلقة بإنجاز المهام بالإضافة إلى العوائق المرتبطة

بالتحليل المنطقي. وتتفق هذه النتائج مع النتائج التي حصل عليها سعدي (2006) في بحثه الذي أجراه على عيّنة من الأساتذة السعوديين، وتتفق أيضًا مع دراسة سعدي والدبيسي (2008) التي أجريت على المديرين السعوديين. وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه عدة باحثين مثل جروان (2002) حول العلاقة بين ضعف الإبداع وضعف الثقة بالنفس [6].

وانطلاقًا من هذا الواقع الذي لا يشجع الإبداع، فإننا ندعو إلى مزيد من البحوث والدراسات التي تكشف النقاب عن عوائق التفكير النقدي والإبداع في البلدان العربية مهما كان مصدرها، والعمل على اقتراح برامج دراسية وتدريبية تشجع على التفكير النقدي والإبداع سواء كان ذلك في مستويات التعليم المختلفة أم في الأسرة أم في المجتمع ككل، وسواء كان ذلك مرتبطا بجوانب ثقافية-اجتماعية أم بجوانب سياسية أم بجوانب تربوية - بيداغوجية.

وبالموازاة مع النداءات التي تدعو إلى الاهتمام بالمواهب والموهوبين، وإلى تطوير قدرات الإبداع والتفكير النقدي في البلدان العربية، فإن هناك ضرورة للعمل الجاد في تطوير جودة التعليم بصفة عامة في هذه البلدان وفق مؤشرات ومعايير موضوعية سواء كانت كيفية أم كمية، وذلك وفق رؤية ورسالة واضحتين للنظام التربوي ولكل المؤسسات المعنية بالقضايا التربوية.

ومن أهم هذه المعايير ما يتعلق بمعايير التفكير الناقد والتي لخصها أبو بكر [1] فيما يلي: يشير مفهوم معايير التفكير الناقد إلى المعايير والمواصفات المتفق عليها لدى المعنيين بمجال التفكير، التي يرجع إليها، ويستند إليها في الحكم على نوعية التفكير الذي يمارسه الفرد عند قيامه بمعالجة موضوع ما من الموضوعات.

وتتمثل أهم تلك المعايير فيما يأتي:

- **الوضوح**: ويُعدُّ أحد أهم معايير التفكير الناقد بوصفه المدخل الأساس لما يليه من معايير التفكير الناقد، على اعتبار أن الفكرة ما لم تنطو على قدر من الوضوح، فلن يكون من السهولة بمكان فهمها، ومن ثم لن نتمكن من معرفة قصد المتكلم، وبالتالي لن نتمكن من الحكم على أفكاره.
- **المنطقية**: ويشير إلى ضرورة تنظيم الأفكار وتسلسلها وترابطها بصورة تقودنا إلى الوصول إلى نتائج معقولة، مبنية على حجج مناسبة.
- **العمق**: ويشير إلى تجاوز عتبة السطحية، والمرور العابر في معالجة المشكلات، والسعي حثيثًا إلى سبر غورها، والغوص في عمقها، والنفاذ إلى جوهرها.
- **الدقة**: ويشير هذا المعيار إلى معالجة الموضوعات بشكل كامل دون زيادة أو نقصان.
- **الاتساع**: ويشير هذا المعيار إلى معالجة الموضوع من كافة زواياه، والإحاطة به من جميع جوانبه.

ونؤكد في الأخير وكما تبين دراسات علم النفس العصبي -التي أشرنا إلى بعضها في الجزء الأول من المقال- أن هناك حاجة لتنشيط وتحفيز الجانب الأيمن للدماغ بالإضافة إلى الجانب الأيسر منه؛ وذلك في كل المقررات والبرامج التربوية والأنشطة الصفية واللاصفية، وفي الكتب المدرسية وتمارينها، وفي جميع مراحل التعليم بل وحتى في الإطار الأسري والإعلامي. وأن هناك حاجة لتطوير البحث العلمي بالبلدان العربية في هذا المجال وخاصة في مجال قياس التفكير النقدي وفق معايير موضوعية تراعي الأبعاد البيئية والثقافية؛ وإن ترجمت بعض مقاييس التفكير النقدي إلى اللغة العربية مثل اختبار كاليفورنيا لمهارات التفكير النقدي الذي طُبّق في مصر والأردن ولبنان، واختبار جامعة كورنيل للتفكير النقدي.

خاتمة

استعرضت هذه الدراسة أهم قدرات ومهارات التفكير النقدي والتفكير الإبداعي، والعلاقة بين هذه القدرات والمهارات من خلال نموذج هيرمان للتقسيم الرباعي للدماغ، ومن خلال دراسات سابقة أخرى. كما بينت هذه الدراسة أهمية الجمع بين هذه القدرات والمهارات في عمليات التعلم والتعليم في المراحل المختلفة من العمر، ومراحل النظام التربوي وخاصة في المرحلة الجامعية؛ وذلك من خلال منظور تكاملي يتجسد في الأنشطة الصفية من خلال مقررات

معينة، وأعمال تطبيقية كما ينبغي أن يتبلور في أنشـطة لاصـفية من خلال التمرن على نقد الأفكار والمقولات والأوضـاع بموضوعية، والعمل على حل مشكلات حقيقية في البيئة والمجتمع.

ولعل هذه الدراسـة تشـكل مدخلًا لدراسـات ميدانية مقارنة في البلدان العربية، خاصـة وأن الأنظمة التربوية في هذه البلدان تتعرض لنقد مسـتمر فيما يتعلق أسـاسًـا بجودة المخرجات وقدرتها على التفكير الناقد والمبدع، والإسـهام بكفاءة وفعالية في حل المشكلات المطروحة في شتى المجالات، وتحقيق قيمة مضافة في مسار التنمية الشاملة.

تنويه: أصل هذا الموضوع محاضرةٌ أُلقيتْ في مؤتمر: "الإبداع والتفكير النقدي في التربية والتعليم"، مملكة البحرين، 22-23 أبريل 2015. وقد نُشر الجزء الأول من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 11، جويلية 2024.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n11/article11-1.pdf

المراجع

[1] أبو بكر، عبد اللطيف عبد القادر، التفكير الناقد...كيف؟ ولماذا؟، مجلة المعرفة مجلة شهرية تصدر عن وزارة التربية والتعليم في المملكة العربية السعودية، العدد 198، 2011.

[2] السليتي، فراس محمود، التفكير الناقد والإبداعي: استراتيجية التعلم التعاوني في تدريس المطالعة والنصوص، عالم الكتب الحديث، عمان، 2006.

[3] بياجي، جان (1923)، اللغة والفكر عند الطفل، ترجمة عزت راجح، أمين مرسي قنديل، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، 2001.

[4] جروان، عبد الرحمن فتحي، الإبداع، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، 2002.

[5] عجوة، عبد العال حامد؛ البنا، عادل السعيد، اختبار كاليفورنيا لمهارات التفكير الناقد، المكتبة المصرية للنشر والتوزيع، الإسكندرية، 2000.

[6] عشوي، مصطفى؛ بوسنة، محمود؛ الخليفة، عمر هارون؛ بوحمامة، جيلالي؛ خليفة، بتول؛ سيد أحمد، رجب سليمان؛ عبد الباري، معن؛ هلال، هدى، عوائق الإبداع لدى طلبة الجامعات العربية: دراسة إقليمية. دراسات نفسية، المجلد العشرون، عدد 4، القاهرة، 2010.

[7] عطية، محسن علي، الجودة الشاملة والجديد في التدريس، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، 2009.

[8] مبارك، محمد حسين جمال، أنماط التعلم التفكير وعلاقتها بالتفكير الناقد لدى طلبة الصف العاشر بدولة الإمارات العربية المتحدة، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة عمان العربية، كلية العلوم التربوية والنفسية (2010-2009).

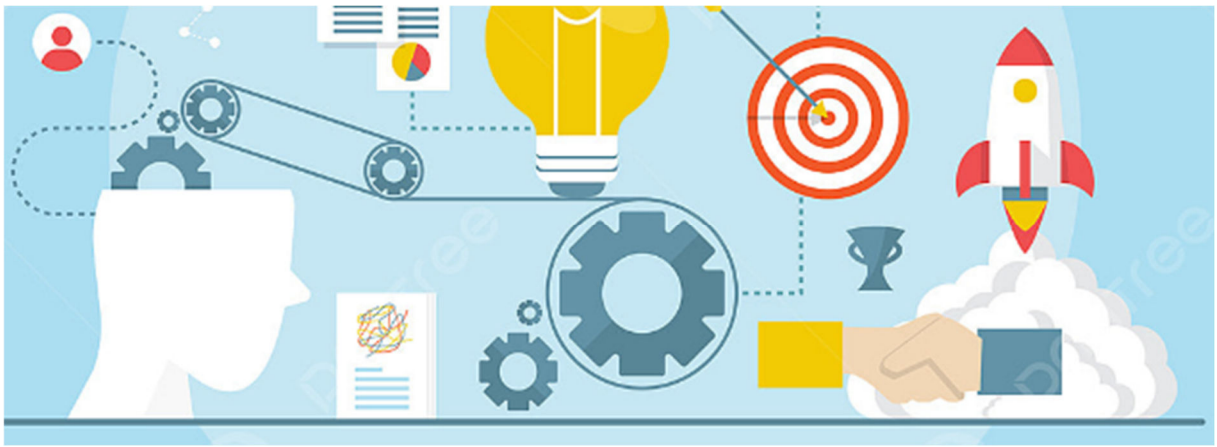
[9] مرعي، توفيق؛ نوفل، محمد بكر، مستوى مهارات التفكير الناقد لدى طلبة كلية العلوم التربوية الجامعية (الأونروا)، المنارة، المجلد 13، العدد 4، 2007.

[10] نبهان، سعد سعيد، برنامج مقترح لتنمية التفكير الناقد في الرياضيات لدى طلبة الصف التاسع بمحافظة غزة، رسالة دكتوراه، جامعة عين شمس، كلية التربية وجامعة الأقصى، كلية التربية، فلسطين، 2001.

[11] Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R., eds., A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, Allyn and Bacon, 2001.

[12] Baker, M. & Rudd, R. C., Relationships between Critical and Creative Thinking, Journal of Southern Agricultural Education Research , 51(1), 2001, 173-188.
[13] Beyer, B.K., Practical strategies for the teaching of thinking, Allyn and Bacon, Inc., Boston MA, 1987.
[14] Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R., Taxonomy of educational objectives, The classification of educational goals, Handbook 1: Cognitive domain, Longmans, New York, 1956.
[15] Chomsky, N., New Horizons in the Study of Language and Mind, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
[16] Facione, P.A., Critical thinking: what it is and why it counts, 2010 update. Insight Assessment. [Online] 2010.
[17] Fisher, R., Creative minds: Building communities of learning in the creative age, Paper presented at the Teaching Qualities Initiative Conference, Hong Kong.
[18] Forrester, J. C., Thinking Creatively; Thinking critically, Canadian Center of Science and Education, 2008. http://dx.doi.org/10.5539/ass.v4n5p100
[19] Lumsdaine, E. & Lumsdaine, M., Creative Problem Solving. McGraw-Hill, Inc., New York, 1998.
[20] Meyers, C., Teaching Students to Think Critically, Jossey-Bass, San Francisco, 1986.
[21] Paul, R., Elder, L. & Bartell, T., California teacher preparation for instruction in critical thinking: Research findings and policy recommendations, The Foundation for Critical Thinking, Dillon Beach, CA, 1997.
[22] Powley, E. H. & Taylor, S. N., Pedagogical Approaches to Develop Critical Thinking and Crisis Leadership, Journal of Management Education, 38(4), 2014, 560–585.
[23] Smith, G. F., Assessing Business Student Thinking Skills, Journal of Management Education, 38(3), 2014, 384–411.
[24] Swartz, R., Fisher, S., & Parks, S., Infusing the teaching of critical and creative thinking into secondary science, Critical Thinking Company, Pacific Grove, CA, 1999.
[25] Thomas, T., Developing First Year Students' Critical Thinking Skills, Asian Social Science, 7(4), 2011, 26-35.

****



التدريب الميداني للطالب الأستاذ في المؤسسات التربوية
كمثال الأُنْموذج الألماني (2):
الأُنْموذج الألماني للتدريب الميداني

مهدي بن بتقة
أستاذ بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
ben.betkamahdi@yahoo.fr

1. معنى التدريب الميداني

تستخدم في اللغة الألمانية عدة مصطلحات للتعبير عن التدريب الميداني، مثل:

- التدريب المهني Berufspraktische Ausbildung؛
- التدريب الميداني Praktikum؛
- التدريب في المدرسة أو في التدريس Schul-oder Unterrichtspraktikum؛
- ممارسة التدريس Unterrichtspraxis.

والمقصود بهذه المصطلحات كما يشير إلى ذلك أرنولد وآخرون (Arnold et al) "الممارسات التعليمية التعلمية التي يذهب فيها الطلاب في دورات للتدريب كمعلمين إلى مكان التعلم، وهو عادة المدرسة، ويشاركون هناك في الدروس وفي الحياة المدرسية العامة، حيث أن كلا من "المدرسة" و"الدرس"، عنصران أساسيان للتدريب الميداني في المجال التعليمي المنهجي والبيداغوجي " [2].

إن التخطيط للتدريب الميداني كما يرى ڤيلدت يوهانس (Wildt Johannes) "يرتبط من جهة بالتعلّم العلمي بالجامعة أو المدرسة العليا للتربية (Pädagogische Hochschule)، ومن جهة أخرى بالعمل في إطار الممارسة التعليمية المنهجية خارج الجامعة بطرائق مختلفة. ويوجد لذلك الإطار المؤسساتي الذي يحدد دور الطلاب والدعم العملي، الذي يحوّل هذا الدعم العملي إلى تدريب وبالتالي إلى وضعية تعليمية منظمة" [5]. ويسمى هذا عادة في ألمانيا "التدريب في إطار تعليمي (ديداكتيكي) جامعي" (Praktika als hochschuldidaktisches Format) وهو ذو صلة هنا بالممارسة التعليمية التعلمية الحقيقية وليس بالممارسة الافتراضية. على سبيل المثال، يقدّم قسم تعليمية الفيزياء في معهد الفيزياء جامعة الهومبولت في برلين (Humboldt-Universität zu Berlin)، معنى لمفهوم التدريب الميداني كما يلي: " التدريب كشكل من أشكال الدراسة، التي ترتبط مؤقتًا ومفاهيميًا بمسار هذه الدراسة في الجامعة (المدرسة العليا للتربية) وتتبع أهدافها التعليمية متطلبات الجودة ولكنها موجهة نحو إطار مرجعي تنظيمي ومكاني مختلف" [1].

ولذلك يمكن فهم التدريب الميداني، حسب بوم ڤينبريد (Böhm, Winfried) على أنه "انتقال مؤقت إلى الواقع المهني حيث يتم تحديد أهداف وأدوار المشاركين فيه" [3].

يتضح مما سبق، أن ارتباط التدريب الميداني بأهداف الدراسة في الجامعة (المدرسة العليا للتربية) يُعدّ أمرًا أساسيًا، وهذا في حالة ما إذا كان التدريب الميداني يدعم تحقيق أهداف الدراسة المعنية، أي في تخصص معين. عندها سيتم الاعتراف به كدورة دراسية مكملة للمسار الدراسي.

من وجهة نظر التعليمية بصفة عامة، فإن الدراسة في الجامعة، تُعدّ أحد الأهداف العامة للتدريب الميداني، الذي هو ممارسة العمل العلمي في مواقع التعلّم خارج الجامعة وجعل هذ التعلم قابلًا للتطبيق من أجل اكتساب

الكفاءات، التي لا يمكن تدريسها في المقررات الدراسية أو لا يتم تدريسها حتى في دروس التعليمية بشكل كافٍ. ومن وجهة نظر الطلاب، بصفة عامة، يمكن للتدريب الميداني خارج مستوى الكلية أن يخدم عدة أهداف هامة خاصة في مجالات التأهيل والبحث عن وظيفة وزيادة الفرص في سوق العمل.

وقد حدد شوبارث وآخرون (Schubarth et al) "وظائف التدريب ذات الصلة بالطلاب على النحو التالي: "الثقة الذاتية بشأن طموحاته المهنية، والاستكشاف والتوجه إلى المجال المهني، وتطبيق ما تعلّمه في الجامعة، واختبار مهاراته الخاصة، ينمي كفاءاته الخاصة، وإقامة اتصالات لبدء حياته المهنية في المستقبل" [4].

2. تكوين معلمي التعليم الابتدائي

يتكون تكوين معلمي التعليم الابتدائي في ألمانيا من تكوين أولي في الجامعة، حيث يقضون دورة دراسية، تتكون من ثلاث سنوات في إحدى الجامعات العلمية. وبعدها يخضع كل متخرج لامتحان الدولة الأول للالتحاق بمهنة التدريس؛ ثم التكوين أثناء الخدمة، التكوين التحضيري، حيث يجتاز امتحان الدولة الثاني، ولكن إذا لم يجتاز امتحان الدولة الثاني، قد لا يمكن لهؤلاء أن يصبحوا معلمين. وعليه يُسمح فقط للمتقدمين الحاصلين على تكوين كامل للمعلمين العثور على معلومات عن التوظيف على مستوى المحافظات الفيدرالية المختلفة. ويمكن لبعض المتقدمين، في إطار ما يسمّى بالمشاركة الجانبية، والذين أكملوا درجة علمية مدتها ثلاث سنوات في إحدى الجامعات العلمية ولكنها ليست في اتجاه مهنة التدريس، أن يجتازوا امتحان الدولة الأول في انتظار ما يتقرر في التكوين التحضيري، بعد أن يجتازوا امتحان الدولة الثاني.

يمكن أن نلخص في الأخير متطلبات مهنة التدريس، للمعلمين في المدارس الحكومية، فيما يلي:

- ثلاث سنوات دراسة في جامعة علمية (وليست كلية تقنية) بشهادة جامعية أو ماجستير في مادتين وعلوم التربية.
- إذا كان الطالب قد درس مادة واحدة فقط، فقد يكون من الممكن تطوير مادتين دراسيتين. على سبيل المثال، إذا كانت مادة الفيزياء تتضمن أيضًا قدرًا كبيرًا من الكيمياء، فيمكن تدريس الكيمياء كمادة ثانية أثناء التكوين التحضيري.

يوجد في ألمانيا الاتحادية 16 محافظة. وتختلف متطلبات المناهج الدراسية من محافظة إلى أخرى حيث يعتمد ذلك على المواد التعليمية التي يحتاج إليها المعلّمون في هذه المحافظة. فمثلا بعض المحافظات تعلن عن التوظيف والبعض الآخر لا. في حين، بعض المحافظات، يمكن الالتحاق بالتوظيف فيها بما يسمى بالدخول الأفقي، أي الالتحاق بمهنة التدريس بأنواع معينة من المدارس بدون الدراسة في المدارس العليا للتربية (Pädagogische Hochschulen, P.H). وفي بعض المحافظات. هذا النوع من الدخول غير ممكن على الإطلاق، لأنها تطبق بعض الشروط المتعلقة بالعمر وعدد سنوات الدراسة، حيث ينبغي على المترشح، أن يكون قد أكمل دراسته الجامعية المحددة بخمس سنوات للحصول على شهادة جامعية (Diplomarbeit). على سبيل المثال، يُسمح في بعض المحافظات (البايرن) بتدريس مجموعة معينة من المواد، التي لا تميل إلى إعاقة استعمال اللغة المناسبة بكل مادة، مثلا الرياضيات والفيزياء والبيولوجيا والكيمياء، في حين لا يُسمح بالجمع بين الرياضيات واللغة الإنكليزية. وهذا بالنسبة للمدارس الحكومية بينما المدارس الخاصة لها متطلبات مختلفة.

3. تكوين أساتذة مرحلتي التعليم المتوسط والثانوي

يسجل الطالب التعليم عند التحاقه بالجامعة في الإدارة الوصية، مع الانتماء إلى معهد (كلية) الفيزياء إداريًا وإلى قسم تعليمية الفيزياء بيداغوجيا. يتابع دروسه في الأقسام المختلفة بالمعهد حسب التخصصات في المقررات الخاصة بشهادة أستاذ الفيزياء، في حين قسم تعليمية الفيزياء يضمن تدريس محتويات تعليمية الفيزياء. أما بالنسبة لفروع علوم

التربية، يجب على الطالب أن يلتحق في نفس الوقت بمعهد (كلية) التربية بهذه الجامعة للمشاركة في كل نشاطات مقررات الفروع، التي تتطلبها مؤهلات مهنة التدريس.

تتضمن مدة الدراسة في الجامعة أو في المدارس العليا للتربية (Pädagogische Hochschulen, P.H) لتكوين أستاذ المدارس المتوسطة والثانوية، أي ما يسمى في ألمانيا بمرحلتي التعليم الثانوي I والتعليم الثانوي II، في أغلب المحافظات خمس سنوات فعلية، بالإضافة إلى فصل كحد أقصى في التدريب الميداني، حيث ينبغي على الطالب، أن يكون قد أكمل دراسته الجامعية للحصول على شهادة جامعية تسمى (Diplomarbeit)، وهذا في كل التخصصات. مثلا في الميادين التقنية تسمى (Diplomingenieur)، ثم يذكر نوع التخصص، مثلا في الفيزياء (Physiker)، إلخ. يمكن أن يُسمح للمتخرج، في بعض المحافظات، بتدريس مجموعة معينة من المواد التي لا تميل إلى إعاقة استعمال اللغة المناسبة بكل مادة، مثلا الرياضيات والفيزياء، والبيولوجيا والكيمياء، في حين لا يُسمح بالجمع بين الرياضيات واللغة الإنكليزية. وهذا بالنسبة للمدارس الحكومية، بينما المدارس الخاصة لها متطلبات مختلفة.

يمكن للطالب بعد التخرج أن يشتغل كمعلم في المحافظة التي درس في إحدى جامعاتها أو مدارسها العليا للتربية في مرحلة التعليم المتوسط أو مرحلة التعليم الثانوي على حد سواء. وبعد التكوين التحضيري الذي يدوم سنة، يجتاز هذا المعلم امتحان الدولة النهائي (Staatsexamen)، الذي تشترك في إعداده وتنظيمه العديد من أعضاء هيئات التدريس في المحافظات المختلفة، اعتمادًا على مجموعة من التخصصات التي لها علاقة بتخصصه. عندها يُسمح له بالتدريس في المحافظات الأخرى.

تشمل الدراسة بالنسبة لجميع التخصصات مجالين أساسيين، مع بعض الاختلافات الطفيفة المتعلقة بتخصص ما. على سبيل المثال، بالنسبة للفيزياء: في المقام الأول، الفيزياء الأساسية بكل فروعها مع مجالات أخرى ذات صلة بالفيزياء، مثل الرياضيات والكيمياء والفلك، بالإضافة إلى تعليمية الفيزياء؛ وفي المقام الثاني، العلوم التربوية تتم دراستها في معهد (كلية التربية)، أي خارج معهد (كلية) الفيزياء.

4. التدريب قصير المدى

يُجرى قبل التدريب قصير المدى، تدريب توجيهي، يهدف إلى التعرف على المدرسة من وجهة نظر المعلم المكوّن، والتحقق في البداية من مدى ملاءمتها وميولها. وعادة ينبغي إكمال التدريب التوجيهي في مدة أسبوع واحد على الأكثر في مدرسة من أنواع المدارس العمومية. حيث يوصى هنا بالتعرف على المناهج المدرسية وبرنامج العمل طوال اليوم المدرسي، وإجراء المناقشة مع المعلم المكوّن للتعرف على الصعوبات التعليمية المنهجية المتعلقة بالأستاذ والدروس بصفة عامة والتلاميذ.

يجب على الطالب في هذه المرحلة الاتصال بالسلطة المدرسية المسؤولة بشكل مستقل، سواء إذا كان التدريب سيتم تنفيذه في مدرسة ابتدائية أو إعدادية أو ثانوية، وإلا يتجه مباشرة إلى إدارة المدرسة أو المؤسسة. يُصدر مدير مؤسسة التدريب شهادة تؤكد إتمام التدريب التوجيهي، حيث يستمر التدريب التوجيهي مدة 20 ساعة تقريبًا في الأسبوع، على ألا يقل الحضور اليومي في المدرسة عن ثلاث ساعات تدريس.

يدوم التدريب القصير المدى في المدرسة في بعض الأحيان عدة أسابيع، وأحيانًا المشاركة فقط في يوم دراسي واحد في الأسبوع أو في أسبوعين. عادة ما تكون التدريبات مصحوبة بدورات وندوات في قسم تعليمية الفيزياء بالجامعة، وبهذا يتم التواصل الوثيق بين الأساتذة المؤطرين والجامعة ومشرفي التدريب في المدارس. في جامعة الهمبولت، مثلا، يتم إجراء التدريب الداخلي (الأول)، التعليمي المنهجي، والتدريب الخارجي (الثاني) التربوي الميداني، التدريب المدرسي، بشكل عام في فترات أسبوعية ذات صلة ببرامج الدراسة في الجامعة، ويتم دعمه بشكل مكثف من قبل مستشاري التعليم المدرسي وبدعم

من هيئات أخرى ذات صلة بالتعليم. ويمكن إجراء التدريب القصير المدى في أقسام دراسية مدته أسبوعين على الأقل، حيث يجب على الطالب أن يتولى منصب التدريس (أو مناصب التدريس) بنفسه.

وتدخل المرحلة الأولى من الدراسة في الجامعة في التكوين الأولي لمعلمي مرحلتي التعليم المتوسط والثانوي. وبعد اجتياز امتحان التدريس، تتبع المرحلة الثانية، التي تمثل مرحلة التدريب المداني العملي حيث يتم فيها تنفيذ وتطبيق المعرفة النظرية والكفاءات الأساسية المكتسبة خلال فترة الدراسة في الجامعة في إطار التدريب على الممارسات التعليمية التعلمية. ولا ينبغي أن تتوقف عملية التعلم والتكوين المستمر بالنسبة للمعلم بصفة عامة. ويجب على كل طالب إكمال الدورات التدريبية: تدريب داخلي تعليمي منهجي، وتدريب مدرسي تربوي خلال فترة الدراسة. ونظرًا لوجود أنواع من المدارس، يجب إجراء وإكمال التدريب على الأقل في نوعين مختلفين من المدارس؛ مثلا، إكمال أسبوع واحد على الأقل في مدرسة إعدادية وأسبوع آخر في مدرسة أساسية.

5. التدريب الميداني طويل المدى

إن هيكل التدريب الميداني طويل المدى، على غرار الأشكال الأخرى من التداريب، ليس متجانسًا بشكل عام، نظرًا لأنه لا يمكن تقديم وصف أساسي لهذا النوع من التدريب. مثلًا، في بعض الجامعات يتكون الفصل الدراسي للتدريب الميدان العملي بالنسبة لمرحلتي التعليم الثانوي I وII من 18 أسبوعًا في السنة الثالثة من الدراسة الجامعية، والتي يتم قضاؤها في المدرسة دفعة واحدة.

يتم تعيين ما يصل إلى ثلاثة طلاب في مدرسة تدريب، حيث يجلسون في البداية في الفصول الدراسية (حوالي 15 ساعة في الأسبوع)، ثم يقومون أحيانًا بعمل مساعد للأساتذة المكونين. بالإضافة إلى ذلك، يتم إجراء يوم دراسي كل 14 يومًا في الجامعة، في قسم التعليمية، يحضر خلاله الطلاب أربع ندوات مرافقة، اثنتان في المواد التعليمية: مادة التعليم1، مادة التعليم 2؛ واثنتان في العلوم التربوية: علم النفس التربوي، طرائق البحث التربوي.

ويشمل التدريبي الميداني في بعض الجامعات 16 أسبوعًا في الفصل الدراسي التاسع في الجامعة في المدارس الثانوية. وفي الوقت نفسه، يحضر الطلاب أيضًا ندوات في الجامعة في يوم دراسي واحد. مع الملاحظات الصفية. إن التدريب هنا، يعتمد على الجدول الزمني للدروس في المدرسة، وليس على الجدول الزمني للجامعة، مما يعني أن هناك متطلبات محددة لتنظيم الندوات المرافقة بشكل خاص خلال الفترة الخالية من المحاضرات.

يمكن أن تحدث عملية تعلم واسعة في التدريب الميداني، تؤدي إلى تعاون أكثر كثافة بين التعليمية والعلوم التربوية، إذا تم ترسيخها في المنهج المدرسي. على سبيل المثال، يمكن في بعض الأحيان تنفيذ المشاريع البحثية للطلاب أثناء التدريب الميداني.

بالإضافة إلى ذلك، للحصول على دعم تعليمي عالي الجودة، من الضروري دعم خبرات تعلم الطلاب أثناء التدريب الميداني بخبرة المعلمين المكوّنين. يتم في ألمانيا تكوين تعاون هيكلي عبر مراحل مع مؤسسات مرحلة التدريب: المدارس الثانوية والندوات الدراسية، والتي توفر الدعم التعليمي المنهجي للتدريب طويل المدى. بالإضافة إلى ذلك، يتم تشكيل الشراكات بشكل متزايد بين الجامعات والمدارس، على سبيل المثال شبكة المدارس المرجعية في الجامعة التقنية في ميونيخ، مما يتيح المزيد من التعاون.

يعمل التدريب الميداني على الجمع بين المعرفة المكتسبة في تدريب المعلمين والتعلم القائم على الخبرة وزيادة جودة التدريب من أجل زيادة أهميته. وتهدف أيضًا هذه العملية في ألمانيا إلى مساعدة المتدرب على مراجعة اختياره المهني.

وبالتالي فإن التدريب الميداني طويل المدى يتيح زيادة خبرة التدريس الخاصة بالفرد على المستوى الكمي وبالتالي المزيد من الخيارات في البداية للاختبارات الفنية والتربوية والتعليمية. لقد أفرزت نتيجة العديد من الدراسات الاستقصائية

القبلية والبعدية في ألمانيا عن التقويمات الذاتية للكفاءة التي يجريها الطلاب المعلمون خلال فترة تدريب طويلة المدى تغييرات إيجابية، لا سيما في التدريس.

يبقى الطلاب في مدرسة التدريب الميداني لفترة أطول من الوقت في كل مرة. لذا يمكنهم التعرف على المدرسة والبيئة المدرسية بشكل أفضل، ويمكن للمعلمين المكونين المسؤولين عن الإشراف تقديم دعم أكثر استهدافًا للطلاب. لذلك يُنظر إلى معلمي التدريب الميداني على أنهم ذوو صلة خاصة بالتعلم. على الجانب الهيكلي، يلعب وضع التدريب الميداني دورًا حاسمًا بشكل خاص في تنفيذ إصلاح بولغنا في ألمانيا، الذي بدأ انطلاقا من 2004.

هناك دراسات عن فعالية التعليم العالي لدعم التعلّم الجامعي لتأهيل المعلمين، بما في ذلك أثناء التدريب الميداني، تؤكد ضرورة تعزيز خبرات التعلم لدى الطلاب، ومن خلال العديد من الفرص، من أجل تطوير هياكل المعرفة المتعلقة بمهنة التعليم، أين يعد التنفيذ التعليمي الجامعي وتضمين المناهج المدرسية لفرص التعلم العملي أثناء التدريب أمرًا ضروريًا.

6. خطوات التسجيل في التدريب الميداني

- **اختيار المدرسة**

يختار الطالب المدرسة ومكان إجراء هذا التدريب بنفسه، ويجب أن تكون هذه المدرسة في المقاطعة التابعة للمحافظة التي يدرس فيها هذا الطالب. وعند البحث عن مدرسة، يختار الطلاب نوع المدرسة التي تتوافق مع مؤهلات التدريس، الذي يدرسونه، مثلا، المدرسة الابتدائية (GS)، والمجمع المدرسي (GMS)، والمدرسة الأساسية (HS)، والمدرسة الإعدادية (RS)، والمدرسة الثانوية (GYMS). كما يمكن اختيار القرى التي تتواجد فيها مثل هذه المدارس. ولا يمكن للطالب اختيار مدارس ثانوية مسائية، ولا مدارس التكوين المهني، ولا مدارس عليا شعبية (VHS)، أي يجب اختيار المدارس التي تديرها وتسيرها الدولة في المقام الأول، مثل أنواع المدارس الذكورة سابقا.

- **المحتوى والأهداف**

يتم في التدريب الميداني التفكير للتخطيط وتنفيذ إنجاز مشروع تعليمي أو إجراء بحث متعلق بالممارسات التعليمية التعلمية في ميدان تخصص الطالب الأستاذ. حيث يمكن له تقديم عروض في شكل دروس لتوضيح ووصف وتفسير كل ما يقوم به في هذا المشروع التعليمي بالتعاون مع الأستاذ المكوّن في المدرسة من جهة، ومن جهة أخرى، مع الأستاذ المؤطر بالجامعة، قسم تعليمية مادة التخصص، أو المدرسة العليا للتربية، أين يتم عرض محتويات هذا المشروع للمناقشات والإثراء في الندوات أو الحلقات العلمية (Kolloquium)، التي تقام بمشاركة أساتذة القسم والطلبة. وتُقام هذه الحلقات عادة، مرة في نهاية كل شهر خارج ساعات العمل، وفي أغلب الأحيان في نهاية الدوام يوم الخميس. ويتوج التدريب الميداني بإنجاز مذكرة التخرج في نهاية التدريب لمشروع تعليمي أو لبحث متعلق بالممارسات التعليمية التعلمية.

يُحضّر الطالب الأستاذ من وجهة نظر التعليم الجامعي إلى التدريب الميداني في جزئه الأول على أساس الفهم والفحص المفاهيمي لمجال للتدريب في إطاره النظري: أبعاده ومحتواه، ومهامه وأهدافه وأنواعه، إلخ، إما كمقرر قائم بذاته في كلية (معهد) علوم التربية أو في قسم مادة التخصص، على سبيل المثال، قسم تعليمية الفيزياء في معهد تعليمية الفيزياء، أي يُعد هذا جزءًا من التعليم الجامعي ويأخذ بعين الاعتبار متطلبات كل ما يتعلق بالتدريب الميداني العملي تقريبا في كل الجامعات.

- **تسجيل التدريب في المدرسة**

– يتم تفعيل التسجيل، من 1 أكتوبر 2023 إلى 31 يناير 2024، عبر الإنترنت للتدريب الميداني، وفق نوع المدرسة التي تتوافق مع مؤهلات الطالب، في الفصل الدراسي الشتوي 2024/2023 (ربيع 2024).

- لا يمكن التسجيل إلا إذا تلقى الطالب تأكيدًا من المدرسة، التي يتم فيها هذ التدريب.
- يرجى إدخال النص المستمر فقط وعدم وجود فواصل (أسطر) في مجال التعليقات.
- الرجاء إدخال المدرسة ومادة التخصص والأستاذ المحاضر (المكوّن) في مجال "التاريخ والمؤسسة التعليمية".
- لا يمكن التسجيل المتأخر بعد الموعد النهائي للتسجيل، كما يخضع التسجيل للتطورات الحالية المتعلقة بفيروس كورونا (COVID-19).

- **تقديم شهادة حسن السيرة والسلوك الموسعة**

- يجب تقديم شهادة حسن السيرة والسلوك إلى مكتب الدراسات المدرسية العملية بحلول 31 يناير 2024 على أبعد تقدير.
- يمكن للطالب الأستاذ التقدم بطلب للحصول على شهادة حسن السيرة والسلوك في مدينته أو إدارة البلدية، التي يسكن فيها أو طلبها عبر الإنترنت من مكتب العدل الاتحادي، عن طريق ملء استمارة وتقديمها إلى مدينته أو إدارة بلديته.
- يجب ألا تزيد مدة صلاحية شهادة حسن السيرة والسلوك الموسعة عن 3 أشهر، وعادة ما يتم إرسالها من قبل مكتب العدل الاتحادي مباشرة إلى مكتب الدراسات المدرسية العملية.
- يجب تقديم هذه المستندات مرة أخرى، أي في كل مرة يقوم فيها بالتسجيل للحصول على تدريب ميداني مدرسي، حيث يتم تسليم هذه الشهادة في بعض الأحيان من قِبل الشرطة للحصول على تأكيد الاستلام.

- **إرسال التعليمات الخاصة بقانون الحماية من العدوى**

يجب تقديم التعليمات المتعلقة بقانون الحماية من العدوى إلى مكتب الدراسات المدرسية العملية بحلول 31 يناير 2023 على أبعد تقدير. للقيام بذلك، اقرأ المستندات الموجودة تحت " قانون الحماية من العدوى" في الصفحة المرتبطة (في الأسفل) بعناية واملأ النموذج على الرابط التالي. يرجى الإرسال رقميا فقط، وإدارة المدرسة في مدرسة التدريب الخاصة بالطالب هي المسؤولة الوحيدة عن ذلك.

- **ملء شهادة التدريب**

لإثبات المشاركة في التدريب، المطلوب من الطالب الأستاذ ملء أنموذج خاص به بالتفصيل على جهاز الحاسوب وتقديمه إلى إدارة المدرسة. وبعد انتهاء فترة التدريب، يجب إرسال هذا الإثبات إلى مكتب التدريب بعد المصادقة عليه من المدرسة على الفور عبر البريد الإلكتروني إلى الإدارة المشرفة بالمدرسة العليا للتربية أو قسم الديداكتيك بالجامعة التي ينتمي إليها الطالب الأستاذ.

ويتم ذلك وفق تعليمات وإجراءات تتعلق بالتسجيل عبر الإنترنت. مثلًا، إذا كان الطالب مسجلًا في دورة تدريب المعلمين للمستوى الثانوي الأول، مرحلة التعليم المتوسط، وفقًا لبرنامج التدريب المقرر، بما في ذلك الندوات والمناقشات المصاحبة لذلك، يسجّل للحصول على تدريب تكميل داخلي، حيث يقوم بفتح أنموذج التسجيل المذكور أعلاه، ويقرأ شروط التدريب التكميلي الداخلي بعناية للمشاركة فيه.

نُشر الجزء الأول من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 11، جويلية 2024.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n11/article11-2.pdf

المراجع

[1] Arbeitsstelle für Didaktik der Physik, Praktikum, Orientierungshilfen für Programm- und Modulverantwortliche. Fachdidaktik am Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin, 2014.
[2] Arnold, K.-H., Hascher, T., Messner, R., Niggli, A., Patry, J.-L. & Rahm, S., Empowerment durch Schulpraktika. Perspektiven wechseln in der Lehrerbildung. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 2011.
[3] Böhm, W., Wörterbuch der Pädagogik. Stuttgart : Alfred Kröner Verlag, 2000.
[4] Schubarth, W., Speck, K., Ulbricht, J., Dudziak, I. & Zylla, B., Employability und Praxisbezüge im wissenschaftlichen Studium. HRK Fachgutachten. Bonn : Hochschulrektore-konferenz, Projekt Nexus, 2014.
[5] Wildt, J., Praxisbezug der Hochschulbildung - Herausforderung für Hochschul-entwicklung und Hochschuldidaktik. In W. Schubarth, K. Speck, A. Seidel, C. Gottmann, C. Kamm & M. Krohn (Hrsg.), Studium nach Bologna : Praxisbezüge stärken ! Praktika als Brücke zwischen Hochschule und Arbeitsmarkt Wiesbaden : Springer Fachmedien. (S. 261-278), 2012.

******

كيف تدخل للعقول من باب القلوب؟

معمر بن بشير
أستاذ بالمدرسة العليا للرياضيات، سيدي عبد الله، الجزائر
mbenbachir2001@gmail.com

بعد ما يقارب ثلاثين سنة من العمل في الجامعات، أحببت أن أنقل تجربتي لغيري من الأساتذة فقد تكون نافعة. هو سرد ليس أكثر، لبعض الأحداث والمواقف التي صادفتني خلال مسيرتي. ومن البداية، فهذه ليست دراسة أكاديمية خاضعة لأسس علمية.

لقد اعتقدت ولفترة طويلة جدًا، من الابتدائي وأنا تلميذ إلى الجامعة وأنا أستاذ، بأن الأستاذ النموذج هو الذي لا يظهر عليه ضعف الإنسان ولا تعاطفه، هو الذي لا يعترف بأن مسألة ما صعبة، هو الذي لا يقول هذا تمرين يحتاج إلى وقت لحله، هو كل شيء إلا أن يكون قريبًا من طلبته حيث يشاركهم همومهم، آمالهم وأحيانا هذيانهم.

1. في جامعة باب الزوار

خلال سنوات تحضير أطروحة الماجستير في جامعة باب الزوار، أشرفت على أعمال موجهة لطلبة السنة الأولى تقني سامي علوم تسيير وسنة أولى علوم دقيقة. كانت البداية ثقيلة على النفس كثقل من يذهب لحرب قد لا يعود منها، وهذا يعود لما رأيناه وتعلمناه أو ما بدا لي. كان يتوجب على الأستاذ أن يظهر بمظهر مثالي وأن تكون علاقاته مع طلبته كعلاقة الدول المتصارعة سرًا. لا أتذكر أشياء كثيرة سوى أنني كنت أسهر في تحضير التمارين وتخيل الأسئلة التي قد تطرح من قبل الطلبة دفعًا للإحراج وخوفًا من أن يقولوا "أستاذنا لا يعرف".

ومضت تلك السنوات الشاقة التي كان علينا فيها أن ندرس بجد لنناقش الماجستير ونحضر بجد أكبر لنقابل طلبتنا. ما أذكره هي جملة واحدة قيلت لي آنذاك من قبل طلبتي الذين انتقلوا إلى السنة الثانية وقد اختاروا تخصص رياضيات عوضًا عن تخصص فيزياء أو كيمياء، كانت تلك الجملة " لقد خدعتنا عندما درستنا، لقد جعلت دراسة الرياضيات تبدو سهلة، والآن نحن نعاني في السنة الثانية ولن نسامحك". بعدها شعرت بقليل من الثقة والرضا عن شخصي، وقلت قد أصلح أستاذًا إن بذلت جهدًا إضافيًا.

2. في جامعة البليدة

بعد مناقشتي لأطروحة الماجستير (كانت الماجستير أطروحة، ثم صارت بعد ذلك مذكرة)، انتقلت إلى جامعة البليدة بحكم قربها من البيت العائلي، فصرت أداوم بها كأستاذ مؤقت بالساعات الإضافية لعدم حصولي على بطاقة تسوية الخدمة الوطنية بالرغم من وجود أماكن شاغرة وحاجة الجامعة الملحة لأساتذة مادة الرياضيات. على كل حال، كانت تلك البداية. درّست مقياس الطوبولوجيا مع ما لهذه الكلمة من وقع في نفوس أصحاب التخصص. كنت مكلفًا بالدروس وأغلب الأعمال الموجهة، لهذا كان لدي مساحة من الحرية، فحافظت على صعوبة المادة إلا أن معاملتي لطلبتي كانت راقية جدًا. كنا نتحاور وكنت أقبل منهم الانتقادات، نتشاحن على الحلول أو على طريقة الحل، يتحدى بعضنا البعض. كانت نتائج الامتحانات عمومًا متوسطة وتحصيل أغلبهم متوسطًا أو قريبًا من المتوسط ما عدا بعض الاستثناءات. غير أن العدل، وعدم احتقار الطلبة، وروح التحدي كانت من أهم ما تركته في نفوس طلبتي بجامعة البليدة عندما غادرتها إلى جامعة بشار.

ما أتذكره جيدًا من جامعة البليدة هو طالب كان تحصل على ستة عشر من عشرين في مادة الطوبولوجيا وكان أفضل طلبتي، غير أنه كان ضعيفًا في مادتي الجبر والتحليل، كان انتقاله للسنة الثالثة حرجًا، لقد كان أحد طلبة التحديات، والآن هو أستاذ جامعي متميز.

3. في جامعة بشار

عندما وطئت قدمي تراب جامعة بشار للمرة الأولى شعرت بغربة شديدة، صبرت وصابرت حتى أتمكن من حل وضعيتي اتجاه الخدمة العسكرية ولولا هذا لعدت أدراجي دون تأخير. بقيت يومًا، يومين، ثم أسبوعًا، بعدها التقيت ببعض الزملاء الذين لم أكن أعرفهم من قبل. سمعتهم يتحدثون عن فريق لكرة القدم خاص بالأساتذة، فكانت تلك هي اللحظة الفارقة. مكثت في جامعة بشار خمس عشرة سنة!

في جامعة بشار كانت بداية مسيرتي الحقيقية. لقد حافظت على نفس طريقي في التعامل سواء داخل القسم أو خارجه. كنت أحضّر دروسي جيدًا فلم يكن لي أي مشكل من الناحية العلمية ولا البيداغوجية. على العكس، كان طلبتي يحترمون ويقدرون جهودي، حتى أنهم كانوا يعتبرون أنني أبالغ كثيرًا. كان تحصيلهم جيدًا لكن ليس بالقدر المنتظر مقابل الجهود المبذولة. لقد كان تعاملي مع طلبتي حسب النموذج الفرنسي القديم، علاقات هرمية مبنية على صراع نفوذ، من هو الأقوى. وتمر الأيام وألاحظ بأن مدير الجامعة آنذاك علاقاته بسيطة مع الأساتذة والطلبة على السواء غير أن سلطته كبيرة، فالكل يطلب وده وقربه. فأعدت التفكير في نمطية العلاقات بين المعلم والمتعلم.

دخلت يومًا في بداية شهر جويلية لسوق بشار في الصباح الباكر لشراء تمر رطب قادم من أدرار. لم أجد تمرًا، لكنها كانت بدايتي مع طريقة مختلفة تمامًا. لاحظت وجود طالبين درسًا عندي خلال تلك السنة يسوقان عربة حديدية بعجلتين تُستعمل في نقل البضاعة إلى مكان ركن السيارات والشاحنات. بادرتهما بالتحية والسؤال عن أحوالهما وقد لاحظت عليهما حرجًا، وكأنهما خجلا بالعمل الذي كان يقومان به. لم أدع الأمر يطول، فقد أخبرتهما دون تردد بالظروف القاسية التي كان عليّ مسايرتها لإكمال دراستي، من العمل في الأسواق، البيع على حواف الطرقات، العمل في الحقول ومواقع البناء. علت وجههما ابتسامة عريضة، وتنقضي العطلة ويصيرا من أفضل أصدقائي في الجامعة. كان شعورًا مختلفًا وإحساسًا رائعًا ومتلائمًا مع شخصيتي، عندها علمت بأنني لم أكن أنا، لقد كنت نسخة لشخصيات مختلفة.

4. عندما يحبك طلبتك يحبون ما تدرسهم

مع تغير نظرتي للعلاقة بين الأستاذ وطلبته، صرت لا أمانع من دعم الطلبة أيام العطل كالجمعة وأيام الأعياد الوطنية بحصص إضافية، بإذن من مدير الجامعة، أسعف فيها الضعيف وأساعد المتوسط على فهم الدروس وحل التمارين. كانت تمر علينا ساعات عمل رائعة في جو مريح، هو مزيج من العمل الجاد والمرح. مع تحسن علاقتي مع طلبتي صار تسيير القسم لا يحتاج إلى جهد، بل صار ذاتي القيادة. تحسّن فهم الطلبة للدروس، وزادت مشاركتهم وتدخلاتهم، وكل هذا انعكس إيجابًا على نتائجهم. ولأن في أيام العطل لا يعمل النقل الجامعي، فقد كنت أتنقل لإحضار الطلبة الذين يقطنون بعيدًا ولا يملكون ثمن الحافلة.

5. إعداد الامتحانات، وكيفية تصحيحها

للامتحانات مهمة واحدة لا ثاني لها، ألا وهي قياس مدى استعداد المتعلم للمرحلة الموالية، لكن الطريقة التي تدار بها في معظم بلدان العالم حاليًا ليست الأفضل. وهذا ما يفسر بعض المحاولات المختلفة هنا وهناك لقياس مدى استيعاب

الطلبة لدروسهم. ما يلاحَظ أن طريقة تعامل الأستاذ مع ملف الامتحانات يعتبر عنصرًا فارقًا في علاقة الأستاذ بالطالب. لهذا كان إعدادي للامتحانات يراعي الأهداف المنتظرة من أي امتحان، غير أنني كنت أركز على نقاط أربع.

- امتحان يبعث على الأمل، وهو امتحان يفرز فئة نتائجها مقبولة وفئة غالبة نتائجها متوسطة وقلة نتائجها ضعيفة.
- نظام تنقيط عادل أقرب منه إلى رحيم، فيشعر معه الطالب برغبتي في مساعدته.
- عند تصحيح الأوراق، أعطي علامات كاملة على الإجابات الصحيحة، كما أشجع الأفكار والإجابات الجزئية بعلامات مناسبة. وهنا مسألة في غاية الخطورة وهي طريقة "الكل صحيح وإلا فالعلامة صفر"، فإنها تورث حقدًا وكرهًا ليس للأستاذ فقط، بل يتعداه إلى المجتمع.
- في حصص تصحيح الامتحان، يشعر طلبتي بأني حاولت قدر ما تسمح به الأخلاق والقيم أن اساعدهم، وعليهم أن يساعدوني حتى أستطيع مساعدتهم. عند تصحيح الأوراق قد يعترض بعض الطلبة على نتائج معينة، فأعطيهم من الوقت ما يلزم حتى يقتنعوا بخطئهم، بعدها يعتذرون لأنهم ليسوا في المستوى وبأنني أديت دوري.

هذه الطريقة جعلت من تسيير الامتحان أمرًا سلسًا، وحفظت علاقات طيبة جدًا مع طلبتي، بل أكثر من ذلك، قد تجعل من الأستاذ قدوة.

6. أستاذ يغير مسار حياة طالب

قد يبدو العنوان كبيرًا، لكنها الحقيقة: قد يغيّر الأستاذ مسار الطالب! إن تأثير الأستاذ القدوة في نفوس طلبته أكبر من تأثير الوالدين في كثير من الحالات. وفيما يلي بعض النماذج:

- **النموذج الأول**: درستني أستاذة في الثانوية مادة الرياضيات، ولم أكن أولي الرياضيات قيمة أكثر من باقي المواد، غير أن الأستاذة الهاشمي الطيبة، البسيطة في تصرفاتها، البشوشة، الراقية في تعاملاتها مع تلامذتها كانت تتعامل مع الرياضيات كما لو أنها تتعامل مع كائن حي. إن طريقة مقاربتها لتدريس المادة غرست في نفسي ثقة جعلتني أستمتع بدراسة مادة الرياضيات، بل أكثر من ذلك جعلتني أختارها مهنة لي، بل رسالة.
- **النموذج الثاني**: درّست طالبًا في جامعة خميس مليانة، لم يكن ودودًا، أو هكذا كان الأمر يبدو. اشتكى منه الأساتذة لغلظة في كلامه وحدّة في تعاملاته. لم أخذ الأمر على ظاهره، بل تقربت منه، لأنني لمست فيه ذكاء وفهمًا للرياضيات. لم يطل الأمر لأكتشف خلف ذلك القناع رجلًا شهمًا ومتعلمًا حذقًا. دخل مسابقة دكتوراه، نجح فيها، أشرفت على أطروحته بعد ذلك وهو الآن دكتور. صداقتنا مستمرة وعلاقتنا وطيدة حتى بعدما ناقش رسالة الدكتوراه.
- **النموذج الثالث**: درست سنتين في جامعة الجزائر 1. هناك التقيت بطالب سنة أولى ماستر متوسط جدًا، ويشتكي من مرض عضال، كان لا يستطيع الجلوس لأكثر من ساعة. تعاملت معه حسب حالته، ودعوته لتناول الغذاء معًا. تجاذبنا أطراف الحديث، تكلمنا عن ظروفه، حدثته عن بعض من طلبتي المكافحين. عندما همّ بالانصراف أخبرته بأن لديه من الهمة والطموح ما يسمح له بأن يصير زميلًا لي وبأن هذا الأمر يسعدني. هو الآن في السنة الثانية دكتوراه.
- **النموذج الرابع**: في كل سنة أقف أمام طلبتي عندما أشعر بأنهم مركزون معي، مهتمون بما أقول، عندها ألقي عليهم جملتي السحرية "فيكم طلبة لهم مستقبل واعد إن حافظوا على مستواهم الحالي" دون أن أذكر الأسماء. تمر السنوات وألتقي ببعض الأساتذة في داخل أو خارج البلاد فيسلمون عليّ بحرارة ويبدون لي من التقدير والاحترام والامتنان الكثير. ثم يشكرونني لأنني عندما قلت جملتي السحرية فهموا أنني كنت أقصدهم، فاجتهدوا وثابروا. صدق من قال "كلمة تحي وكلمة تميت".
- **النموذج الخامس**: اعتدت أن أقدّم رقم هاتفي المحمول لطلبتي منذ ما يزيد عن عشرين سنة، أي المدة التي امتلكت فيها هاتفًا محمولًا، ويكون هذا في أول حصة. أعطيهم رقم الهاتف مع عبارة "الهاتف المحمول وُجد ليخفف عن الناس،

فأحسنوا استعماله". ويشهد الله أنني لم أتعرض لأي إزعاج ولو لمرة واحدة، مع العلم أنني درست في جامعات بشار، خميس مليانة، البليدة 1، غرداية، الجزائر1، وَتمنغاست. كانت هذه المقدمة ضرورية لتوضيح السياق. في يوم من الأيام تلقيت اتصالًا من رقم غير مسجل. كانت طالبة تدرس عندي في جامعة خميس مليانة، بدت مستاءة، وبصوت حزين سألتني إن كان يمكنها أن تطلب مني مساعدة. فأجبتها بنعم، وفي قرارة نفسي قلت ستطلب مني أن أزيد في نقاطها، وستكون أول من يفعل ذلك، ضايقني الأمر، غير أني لم أتسرع وانتظرت طلبها وكان طلبها غريبًا. لقد أخبرتني بأن أباها أوقفها عن الدراسة لأسباب لم تذكرها، لكنني عرفتها بعد ذلك، وترجتني أن أذهب إلى بيتها العائلي لأقابل أباها، لعلي أستطيع أن أجعله يغير رأيه. فما كان مني إلا أن طمأنتها وفعلًا بعد يومين أو ثلاثة زرت بيتها العائلي والذي يبعد عن الجامعة بما يزيد قليلًا عن أربعين كيلومترًا. كان الأب متواجدًا في البيت إلا أنه رفض الخروج لمقابلتي، ابنه الأصغر أخبرني بأن أباه غير موجود بالبيت. عدت أدراجي بعد أن وعدت الطالبة عن طريق الهاتف بالعودة مجددًا في الأسبوع المقبل. في اليوم الموالي كنت أسير في رواق الكلية فوجدت مجموعة من الطلبة، بادرتهم بالتحية، وكنت في عجلة من أمري فلم أتوقف، وإذ بي أسمع وقع حذاء صاحبه مسرع وينادي: أستاذ، أستاذ. توقفت لأتبين الأمر وإذ بها طالبة تسألني كيف لم أعرفها، فابتسمت وقلت لها إنها طالبة عندي في السنة الثانية ماستر. فنظرت إليّ باستغراب وأردفت قائلة " أستاذ، أنا هي الطالبة في الهاتف". سألتها ما القصة، فأخبرتني بأن أباها أوقفها عن الدراسة عندما اعترضت على تزويجها من شخص لم يدخل للمدرسة يومًا، وبأن أباها تراجع عن قراره حتى يتجنب زيارتي له. لقد كنت سعيدًا لانفراج همها. في يوم التخرج التقيت أباها، فقام وقبّل رأسي فقلت له هم أبناؤنا حتى يتخرجوا، فبكى على مرئ من الناس. كان يمكن لهذه الطالبة تضييع كل سنوات الدراسة لسبب بسيط.

7. المقاربة بالحب والاحترام

معلوم أنه توجد كثير من المقاربات البيداغوجية مثل المقاربة بالكفاءات، المقاربة بالمضامين، والمقاربة بالأهداف وغيرها، غير أنني لاحظت بأن شعور الطالب بالانتماء إلى القسم يعتبر عاملًا حاسمًا في العملية التعليمية. ولكي يشعر الطالب بالانتماء يحتاج أن يتمكن من أساسيات المادة المدروسة. لهذا، فإن شخصية الأستاذ وكيفية تعامله مع طلبته تلعب دورًا أساسيًا وحاسمًا في مدى إقبالهم أو نفورهم.

يقول الخليفة الرابع علي بن أبي طالب كرم الله وجهه "إن القلوب تمل كما تمل الأبدان، فابتغوا لها طرائف الحكمة". فهي حكمة بالغة وهي أساس رصين من أسس التعليم؛ فكلما كان الأستاذ محسنًا في استخراج طرائف يجدد بها طاقة طلابه، كان التحصيل جيدًا. وأنا هنا لا أقصد مطلقًا الابتذال والتهريج الذي لا يليق حتى بالمسارح. أذكر مرة أنني طلبت من طلبتي متطوعًا لحل تمرين في السبورة، ولما لم أجد أحدًا كتبت على السبورة الجملة التالية "لا يذكر التاريخ بأن طالبًا ما صعد إلى السبورة ولم يعد إلى مكانه سالمًا". وقد أقول لهم "أخرجوا لنا شجعناكم". كما أذهب أحيانًا إلى الباب أفتحه، فأنظر إلى الشمال ثم اليمين وأعود إلى القسم دون أن أتفوه بكلمة. يسألني طلبتي باستغراب عن معنى تصرفي، فأخبرهم بأنني خفت أن يكون هناك جاسوس في الخارج قد يخبر البقية بأن طلبتي ضعفاء، وأردف بأن أمرًا مثل هذا يحرجني ويحزنني. بعدها، يتطوع حتى من ليست له إجابة سائلًا المساعدة في الحل، ويعم القسم موجة من النشاط الممزوج بالمرح، أكون بعدها قد وجدت التعويذة المناسبة.

إن شعور الطالب بمحبة صادقة من أستاذه كفيل بأن يدفعه إلى بذل مزيد من الجهد. وكلما كان الأستاذ قدوة، كان تأثيره الإيجابي أكبر. لقد قيل قديمًا "فعل رجل في ألف رجل أبلغ من قول ألف رجل في رجل".

8. التحضير الجيد للدروس وعدم تحضير الأعمال الموجهة

من العوامل الأساسية لتقديم مادة علمية هو التحضير الجيد حتى يتمكن الأستاذ من نقل المعلومات بشكل مرتب، سلس وشيق. كما يحتاج إلى قصص هادفة ممتعة تقطع روتين الحصة، تجدد الطاقة، وتسمح بترتيب الأفكار. على الأستاذ أن يتجنب سرد قصصه وبطولاته، وبأنه كان الأفضل ولولاه لما تقدمت البشرية، وبأنه من الأساتذة القلائل المميزين. فكل هذا لن يخدم العملية التعليمية، وإن طاوعته نفسه فلا بأس إن شجع طلبته بالقول إنهم من أفضل الطلبة الذين حضي بهم يومًا، لأن جوارحنا تصدق عقولنا.

أما فيما يخص الأعمال الموجهة، فإني من دعاة عدم التحضير، فالتفكير والمحاولة مرة ومرتين وثلاث أمر طبيعي، وحتى يرى الطلبة بأم أعينهم بأن الأستاذ يحتاج إلى محاولات عديدة حتى يصيغ إجابة نموذجية، وبأن معاناتهم لحل التمارين شيء عادي لا ينقص من قيمتهم شيئًا. أذكر هنا حادثة من بين مئات الحوادث الطريفة التي وقعت لي: في حصة أعمال موجهة كنت أحاول حل تمرين، وكان التمرين مدعومًا بتوجيه، غير أن طالبًا طلب مني إن كنت أستطيع حل التمرين دون الاستعانة بالتوجيه. نظرت إليه جيدًا وسألته إن كان حاقدا عليّ أو شيء من هذا القبيل، فانفجر الطلبة ضحكًا وشعر هو بالحرج. فقلت له سأحاول وبدأت أفكر بصوت مرتفع كعادتي وأسأل نفسي ماذا لو فعلت كذا، ثم كيف سيكون كذا وهلم جرا. والنتيجة أنني قمت بحل التمرين بخمس طرق مختلفة دون الاستعانة بالتوجيه المرفق للتمرين. فقال لي الطالب قد أخجلتنا يا أستاذ، فضحكنا وأكملنا الحصة بحماس زائد لأنه كنا في كل مرة لا نقوم بحل تمرين إلا ويقوم الطلبة بالبحث عن طرق أخرى للحل. بعث روح التحدي والمزايدة من عوامل نجاح كل أستاذ.

9. كيف تكسب القلوب؟

سألت مرة طلبتي إن كانوا يتذكرون الأساتذة الذين درسوهم، فكانت إجابتهم صادمة فهم لا يتذكرون إلا صنفين: الصنف الأول وهم الأساتذة الذين أخلصوا ونصحوا، فيذكرونهم وألسنتهم تلهج بالدعاء لهم؛ والصنف الآخر الأساتذة الذين أذلوهم أو نفخوا علاماتهم، فيذكرونهم وهم يقسمون بأنهم لن يسامحوهم. لا حال يدوم، مع الأيام يكبر الصغير ليفرق بين الصحيح والخطأ. علاقة الأستاذ المؤثر بطلبته ليست علاقة سطحية جافة، بل هي علاقة أخوية، أو أبوية خالصة يشعر فيها الطالب بالقرب من أستاذه، حيث يكون الأستاذ قادرًا على احتواء طلبته وهي مهمة في غاية الصعوبة. إن تمكن الأستاذ من احتواء طلبته يجعل منه أستاذًا مؤثرًا على الصعيدين العلمي والشخصي.

من خلال تجربتي الشخصية، أعتقد بأن السمعة الطيبة للأستاذ عامل نفسي قوي جدًا على مدى إقبال الطلبة على التعلم. ثم العدل بين الطلبة فيما بينهم وبين الأستاذ وطلبته على حد سواء، تواضع الأستاذ لطلبته لن يزيدهم إلا إقبالًا على مادته، السؤال عنهم إن غابوا، عيادتهم إن مرضوا، وتعزيتهم إن فقدوا من أقوى العوامل المساعدة على الاحتواء.

إن الروح المرحة للأستاذ، وحسن تصرفه في المواقف الصعبة، تقلب المحنة منحة. أذكر مرة أنني كنت أسلم أوراق الامتحان للطلبة وكانت النتائج في أغلبها تحت المتوسط إلا نقطة واحدة كانت قريبة من النقطة الكاملة. ناديت صاحبها، فلما قام تذكرت بأنه تعرض لعظة قط مصاب بداء الكلب وبأنه بقي تحت العلاج لمدة شهر أو يزيد. وأنا أسلمه الورقة طلبت منه إن كان بإمكانه إحضار القط المصاب بالكلب إلى القسم، فنظر إليّ مستغربًا طالبًا لذلك سببًا، فقلت له بأن زملاءه يحتاجون لعضة القط حتى تتحسن علاماتهم مثله. فانفجر ضاحكًا وتبعه زملاؤه لأنهم كانوا على علم بعضة القط. تغيرت بعد ذلك ملامحهم وحدثتهم عن اجتهادي في تدريسهم، وبأنه لا يمكنني أن أشهد شهادة زور، وسألتهم الاجتهاد وبأنني على أتم الاستعداد لأرافقهم في مسارهم. فاعتذروا عن تقصيرهم وبأن الخطأ خطؤهم وبأنهم سيبذلون قصارى جهدهم ليتحسنوا ولقد تحسن الكثير منهم.

حضرت ندوة بيداغوجية نظمت من طرف وزارة التعليم العالي، شاركت فيها وزارة التربية الوطنية ووزارة التكوين المهني. قبل أن يتدخل المشارك يقوم بتقديم نفسه للحضور، وكذلك فعلت، لأتفاجأ بعد انتهائي من التدخل بشخص يقبل رأسي ويشير لي بيده، سأشرح لك في الاستراحة. علمت بأن ابنته تدرس عندي وبأن زوجته تدعو لي في ظهر الغيب أكثر مما تدعو لوالديها، نظير اعتنائي بطلبتي ومساعدتهم على تجاوز الفترة الأولى من دخولهم للجامعة.

كلمني طالب في الهاتف ليستشيرني في موضوع معين، فأشرت عليه بما بدا لي صوابًا ثم نصحته بأن يبحث الأمر مع والديه، فقال لي والديّ نصحاني بأن أستشيرك وأعمل بمشورتك. العبرة من كل هذا هو امتداد تأثير الأستاذ إلى بيوت طلبته.

إن صدق الأستاذ في تعامله يجعل منه موضع ثقة، ولن يحدث هذا إلا إذا قال "لا أعرف الإجابة" حين يكون الأمر كذلك دون مواربة ولا مكابرة. والأجمل من كل ذلك حين يغيب عنه أمر ويجده الطالب، على الأستاذ أن يعترف بأن الأمر غاب عنه وألا يتوانى عن شكر ومدح الطالب المجيب. بهذا يصنع جيلًا أبيًا.

10. اعترافات أستاذ

1- أحب طلبتي كما أحب أبنائي.
2- أشعر بسعادة كبيرة وأنا بينهم في القسم، نتناقش في جو مرح.
3- صداقتي مع طلبتي وعلاقتي بهم تشعرني براحة كبيرة.
4- عندما تأتي العطل أشعر بالحزن وانقباض في النفس.
5- لو خيرت بين أن أكون وزيرًا أو أستاذًا، لاخترت دون تردد أن أكون أستاذًا.

الخلاصة

إن التدريس ليس مهنة، بل رسالة، ولا يمكن أداؤها من شخص كاره للتعليم أو للمتعلمين. إن ما نكنه في أنفسنا للآخرين يشعرون به، ثم يكون تفاعلهم متوافقًا مع إحساسنا اتجاههم. إن الطلبة أشخاص لهم قلوب ومشاعر، ومن ورائهم أهل، قد بنوا أحلامًا وآمالًا حولهم. إن الإحسان للطلبة مع التواضع عند تعليمهم قد يدفع الكثير منهم إلى النجاح، والذين لم ينجحوا منهم لا يحملون في قلوبهم حقدًا لبلدهم. الأمر ليس رهنًا على قوة وكثافة المعلومات عند الأستاذ بقدر الجو المصاحب للتعليم. إن مهمة الأستاذ هي إعداد جيل متواضع، متمكن، محب لبلده، يشعر بالانتماء لهذه الامة ويسعد بخدمتها.

******

منوعات

إبستميّة ترتيب العلوم عند ابن حزم

عبد السّلام سعد
أستاذ بجامعة زيان عاشور، الجلفة
saadabdeslem@univ-djelfa.dz

اهتم المسلمون بتصنيف وترتيب العلوم، خاصة مع التدفق الهائل للمعارف والعلوم، وذلك قصد التعرف على ما ينسجم من العلوم مع أصول عقيدتهم. وقد كان السبق العلمي لحضارات غير إسلامية، مثل اليونان وغيرهم من الأمم السابقة. ولعل من أشهر من قام بتصنيف للعلوم الفيلسوفين: أفلاطون (Plato) وَأرسطو (Aristotle). وكان لزامًا على علماء الإسلام مراجعة هذا التصنيف، لذا جاء تصنيف العالم والفيلسوف ابن حزم للعلوم لبيان موقف العقل الإسلامي من مختلف المعارف والعلوم. ولم يكتفِ بتصنيف العلوم، وإنما تعدى ذلك إلى تحديد الدعائم التي تقوم عليها مسيرة المتعلم، وبيان مراحلها، وما تحتاجه كل مرحلة من تحصيل.

1. تمهيد

ليس علم تصنيف العلوم وترتيبها علمًا وصفيًا صرفًا، يكتفي بإحصاء ما هو كائن من المعارف، ويصف ما كان قائمًا منها ليبني عليها ما سيكون، في نطاق التدرج المعرفي. بل إن هذا العلم يحمل في ظاهره الوصفي التقريري غاية معيارية؛ تتمثل في اتخاذه من وصْف ما كان في واقع العلوم بناءً لما ينبغي أن يكون في توجهات العقل الإبداعي إلى مباحث المعرفة، بالتوجه إلى المستجد من مناطات الاستكشاف العقلي بحسب ما يقتضيه تقدم حياة الإنسان، وعملية التعلم للوصول إلى الحقيقة. ومنذ أن استقر للأمة الإسلامية بناؤها الحضاري، عرف المسلمون ضروبًا من العلوم، دفعهم إلى ذلك دعوة الإسلام للقراءة، فوجدوا أنفسهم أمام أسئلة متعلقة بالمعارف والعلوم، كان من أبرزها: ما أهم أصناف العلوم، وما العلوم الأولى بالتحصيل؟ وانبرى لهذه المهمة علماء وفلاسفة كان من أبرزهم ابن حزم الظاهري، الذي ألَّف رسائل في أصناف العلوم، من أبرزها رسالته "مراتب العلوم"، والتي نحاول مناقشة ما جاء فيها وأسباب تأليفها، وبيان مراتب العلوم التي رغّب الإسلام فيها.

1.1. مكانة ابن حزم العلمية والفكرية

امتلك علي بن أحمد بن حزم (ت. 456 هـ/1064م) مجموعة من المواهب والعبقريات في شتى المعارف والعلوم، وقد اعترف بفضله وعلمه القدامى والمحدثون. فقيل عنه: "ابن حزم حامل فنون من حديث وفقه وجدل وما يتعلق بالأدب مع المشاركة في كثير من أنواع التعليم القديم من المنطق والفلسفة..." ويمكن أن ندرك مكانة ابن حزم العلمية من خلال تفوقه وسعة معرفته وقوة حفظه، وتنوع اهتماماته العلمية. فقد وصفه الخبير بالعلماء الإمام الذهبي بقوله: "الإمام الأوحد البحر، ذو الفنون والمعارف، رأس في علوم الإسلام، متبحر في العلم عديم النظير... كان إليه المنتهى في حدة الذهن وسعة العلم". وقيل فيه: "كل العلماء عيال على ابن حزم" [4] [5].

2.1. دوافع ابن حزم في الاهتمام بتصنيف العلوم

لم يكن ابن حزم بعيدًا عن الخوض فيما وصل إليه سابقوه ومعاصروه، في الحديث عن تصنيف العلوم ومراتبها، فقد "انطلق في الحديث عن تصنيف العلوم من موقعين: الأول صلته بالمنطق والفلسفة، وهي صلة تكاد تلزم صاحبها بمعرفة العلوم ومقدمات كل علم، وهذا ما تصدى له في كتابه **التقريب لحد المنطق**؛ والثاني نزعة التديّن التي كانت توجه تلامذته إلى سؤاله عن العلوم وماذا يأخذون منها وماذا يتركون، وهذا ما عرض له في رسالتيه **رسالة مراتب العلوم** وَ**رسالة**

التلخيص لوجوه التخليص. ويذكر محقق رسائل ابن حزم الأستاذ إحسان عباس أنه "استجابة لتساؤلات تلامذته حول العلوم، استطاع ابن حزم أن يقرر الحد الأدنى والضروري من العلوم لكل طالبٍ، كما توجه بطبيعة التساؤلات نفسها إلى فكرة المفاضلة بين العلوم، وهذا ما يوحي إليه عنوان رسالته **مراتب العلوم**" [1].

2. تصنيف العلوم وتوجهاته عند العلماء المسلمين

1.2. معنى تصنيف العلوم

تصنيف العلوم هو: "علم باحث عن التدرج من أعم الموضوعات إلى أخصها ليحصل بذلك موضوع العلوم المتدرجة تحت ذلك الأعم..." [9]، أي أن نظام التصنيف عبارة عن تصور عقلي ترتيبي للمعرفة البشرية، يوضع لبيان وتوضيح علاقات أصناف العلوم والمعارف بعضها ببعض. وهذا ما يؤكد أن تصنيف العلوم عمل منهجي يدخل ضمن فلسفة العلوم، ومن يستقرئ تاريخ العلوم يجد محاولات كثيرة لتصنيف العلوم عند الكندي والفارابي وابن سينا وابن خلدون وغيرهم. لكن قبل هذه المحاولات الإسلامية، كان السبق لمحاولات غير إسلامية ظهرت عند اليونان، أشهرها تصنيف أفلاطون وأرسطو.

2.2. تصنيف أفلاطون وأرسطو للعلوم

أ. تصنيف أفلاطون للعلوم

يُعدُّ أفلاطون (427-347 ق.م) أول من قام بتصنيف العلوم، ويستند تصنيفه إلى تقسيم المعرفة إلى قسمين، بناء على افتراضه أن ثمة عالمان: عالم حسي مرئي وعالم معقول. فالعالم المحسوس يتضمن جميع الصور المحسوسة من حيوان ونبات وطب وكيمياء وفن وصناعة وغير ذلك، وأما المعقول فيتضمن جميع المعارف المعروفة بالعقل لا بالحس، كالرياضيات والإلهيات [6]. فهو يقيم تصنيفه لأنواع المعارف والعلوم على أساس تفرقته بين عالم مرئي وعالم معقول، هذه التفرقة تسمي المعرفة التي تتناول العالم الحسي بالظن، والمعرفة التي تتناول ما هو معقول بالعلم أو بالتعقل.

ب. تصنيف أرسطو للعلوم

أقام أرسطو (384 -322 ق.م) تصنيفه للعلوم، حسب الغرض منها، وذلك في ثلاث مجموعات هي [7]:

1- علم نظري: غايته مجرد المعرفة، ويشمل العلوم التي تهدف إلى التعريف بالأشياء وشرحها، وينقسم إلى ثلاثة أقسام وهي:
   - علم ما بعد الطبيعة أو الفلسفة الأولى أو العلم الإلهي، وهو بحث في الوجود المطلق.
   - العلم الرياضي، ويبحث في الوجود من حيث هو مقدار وعدد.
   - العلم الطبيعي، ويبحث في الوجود من حيث هو محسوس متحرك.
2- علم عملي: غايته المعرفة لأجل تدبير الأفعال الإنسانية، ويبحث في علم الأخلاق وعلم التدبير وعلم السياسية
3- علوم شعرية: تهدف إلى إنتاج الأعمال الأدبية وتشمل: البلاغة والشعر والجدل.

3.2. تصنيف العلوم عند المسلمين بين التقليد والتأصيل

اهتم المسلمون بتصنيف العلوم، خاصة مع التدفق الهائل للمعارف والعلوم، وذلك للتعرف على صلة العلوم وارتباطاتها فيما بينها، وما ينسجم ومنهجهم الإسلامي. لكن ما ألّفه المسلمون متعدد المشارب، ومختلف التوجهات، لذا فإني اضع لائحة بأهم المؤلفات الإسلامية المصنفة للعلوم، مما كان له إسهام في إنضاج هذا الفن، وفق تسلسلها التاريخي [9]:

- **إحصاء العلوم** للفارابي (ت. 339 هـ)،
- **مفاتيح العلوم** للخوارزمي (ت. 386 هـ)،

- **الفهرست** لا بن النديم (ت. 384 هـ)،
- **رسالة مراتب العلوم** لابن حزم (ت. 456 هـ)،
- **المقدمة** لابن خلدون (ت. 808 هـ)،
- **مفتاح السعادة** لطاش كبرى زاده (ت. 968 هـ).

وليست هذه المؤلفات متساوية في قيمتها التصنيفية، ولا في تمثيلها لأصول الفكر الإسلامي، لكنها تبين العناية المستمرة من قبل المسلمين بهذا العلم، والإنضاج المطرد لشكله ومحتواه، تماشيًا مع ظهور علوم إسلامية وتوسعها وتفرعها. فهذا الإنتاج الهائل من قبل فلاسفة ومفكري الإسلام لم يكن صدفة أو ضربًا من العبث، بل كان بدوافع وأغراض واضحة. والمتأمل في تصانيف فلاسفة وعلماء المسلمين للعلوم، يلاحظ بسهولة وجهتين مختلفتين، تتمايزان في الهيكلة العامة وفي الخصائص التصنيفية والبنية الداخلية، وهو ما ينتهي باختلاف بينهما في الغاية التي رامت كل التصانيف تحقيقها. أما الوجهة الأولى، فيظهر فيها بوضوح التأثر بالتصنيف الأرسطي للعلوم، ويحذو هذا التقسيم حذو فلاسفة اليونان: أرسطو وأفلاطون بتمييزهم بين المعارف النظرية والعملية؛ وأما الثانية فهي وجهة حاولت أن تشتق أصولًا للتصنيف من خصائص البيئة الثقافية الإسلامية، المتأتية بالداعي العقائدي الإسلامي.

أ. التصنيف التقليدي للعلوم: الفارابي أنموذجا

قام الفارابي في رسالته **التنبيه على سبيل السعادة** بتقسيم العلوم إلى قسمين، تبعًا لطبيعة موضوعاتها، وعلاقاتها بفعل الإنسان. علوم نظرية: وهي التي تُحصَّل بها معرفة الموجودات، التي ليس للإنسان فعلها، وتشمل: علم التعاليم، والعلم الطبيعي، والعلم الإلهي. وعلوم عملية: وهي التي تُحصَّل بها معرفة الأشياء التي شأنها أن تفعل، والقوة على فعل الجميل منها، وتشمل: علم الأخلاق، وعلم السياسة [7].

وقد فصّل الفارابي هذا الجانب النظري في مؤلفه **إحصاء العلوم**، فقسّمه إلى خمسة فصول، حيث قال: "قصدنا في هذا الكتاب أن نحصي العلوم المشهورة علمًا علمًا، ونعرف جمل ما يشتمل عليه كل واحد منها، وأجزاء كل ما له منها أجزاء: الأول في علم اللسان وأجزائه، والثاني في علم المنطق وأجزائه، والثالث في علوم التعاليم: وهي العدد والهندسة وعلم المناظر وعلم النجوم والموسيقي وعلم الأثقال والحيل، والرابع في العلم الطبيعي وأجزائه وفي العلم الإلهي وأجزائه، والخامس في العلم المدني وأجزائه، وعلم الفقه وعلم الكلام" [8]. ويكفي ما أوردناه لمعرفة الهيكل العام الذي اعتمده الفارابي لتصنيف العلوم، حيث يظهر التأثر جليا بأرسطو في تقسيمه العلوم إلى نظرية وعملية.

ب. التصنيف التأصيلي للعلوم: الخوارزمي أنموذجا

يقول الخوارزمي عن كتابه **مفاتيح العلوم**: "وجعلته مقالتين: إحداهما لعلوم الشريعة وما يقترن بها من علوم العربية، والثانية في علوم العجم: من اليونانيين وغيرهم من الأمم". فجاءت مقالة علوم العرب في ستّة أبواب: الباب الأوّل في الفقه والثاني في الكلام، والثالث في النحو، والرابع في الكتابة، والخامس في الشعر والعروض، والسادس في الأخبار. أما مقالة علوم العجم فجاءت في تسعة أبواب: الباب الأول في الفلسفة، والثاني في المنطق، والثالث في الطب، والرابع في علم العدد، والخامس في الهندسة، والسادس في علم النجوم، والسابع في الموسيقى، والثامن في الحيل والتاسع في الكيمياء [3].

ج. موقف ابن حزم من مناهج السابقين والمعاصرين له في تصنيف العلوم

اهتم العلماء المتقدمون عن ابن حزم والمعاصرون له بتصنيف العلوم، ولعل التاريخ الإسلامي زاخر بمثل هذه المحاولات التي تعددت فيها وجهات النظر، وإن كان أغلبها يصنف العلوم تصنيفًا ثنائيًا تقابليًا، مثل علوم نظرية مقابل علوم عملية أو علوم عقلية مقابل نقلية، وعلوم وسائل مقابل علوم مقاصد. وهذا التصنيف الثنائي للعلوم ساهم عن

قصد أو عن غير قصد في ظهور نزعة تفاضلية بين العلوم، حيث يتم الفصل بين علم وآخر، فلا تكون ثمة علاقة بين مختلف العلوم، ثم يتبعه تفضيل علم على آخر، وكل أصحاب علم يدعون لعلمهم، ويسفّهون العلوم الأخرى [10].

وقد أدرك ابن حزم خطورة هذه النزعة في تصنيف العلوم، حيث أن فريقًا من الناس: "لم يكن طلبهم لما طلبوا من العلم إلا الازدراء بسائر العلوم وتنقيصها فيظنّهم الفاسد أنه لا علم إلا الذي طلبوا فقط... ومِن ذلك أن وجدنا قومًا من أهل الطلب أعني لعلوم الديانة يزرون بسائر العلوم، وهذا نقص عظيم لا ينتفع به صاحبه... ووجدنا قومًا طلبوا علوم الأوائل أو علمًا منها، واتخذوا سائر العلوم سخريا" [2]. وهذا سبب آخر من الأسباب التي حملته على الاهتمام بموضوع تصنيف العلوم، وجعلته يقدم لنا تصنيفًا للعلوم وفق تصوره لأقسامها ومراتبها، فظهر ذلك في رسالتين: رسالة **التوقيف على شارع النجاة**، وَرسالة **مراتب العلوم**.

3. تصنيف العلوم عند ابن حزم ونظرته للعلوم

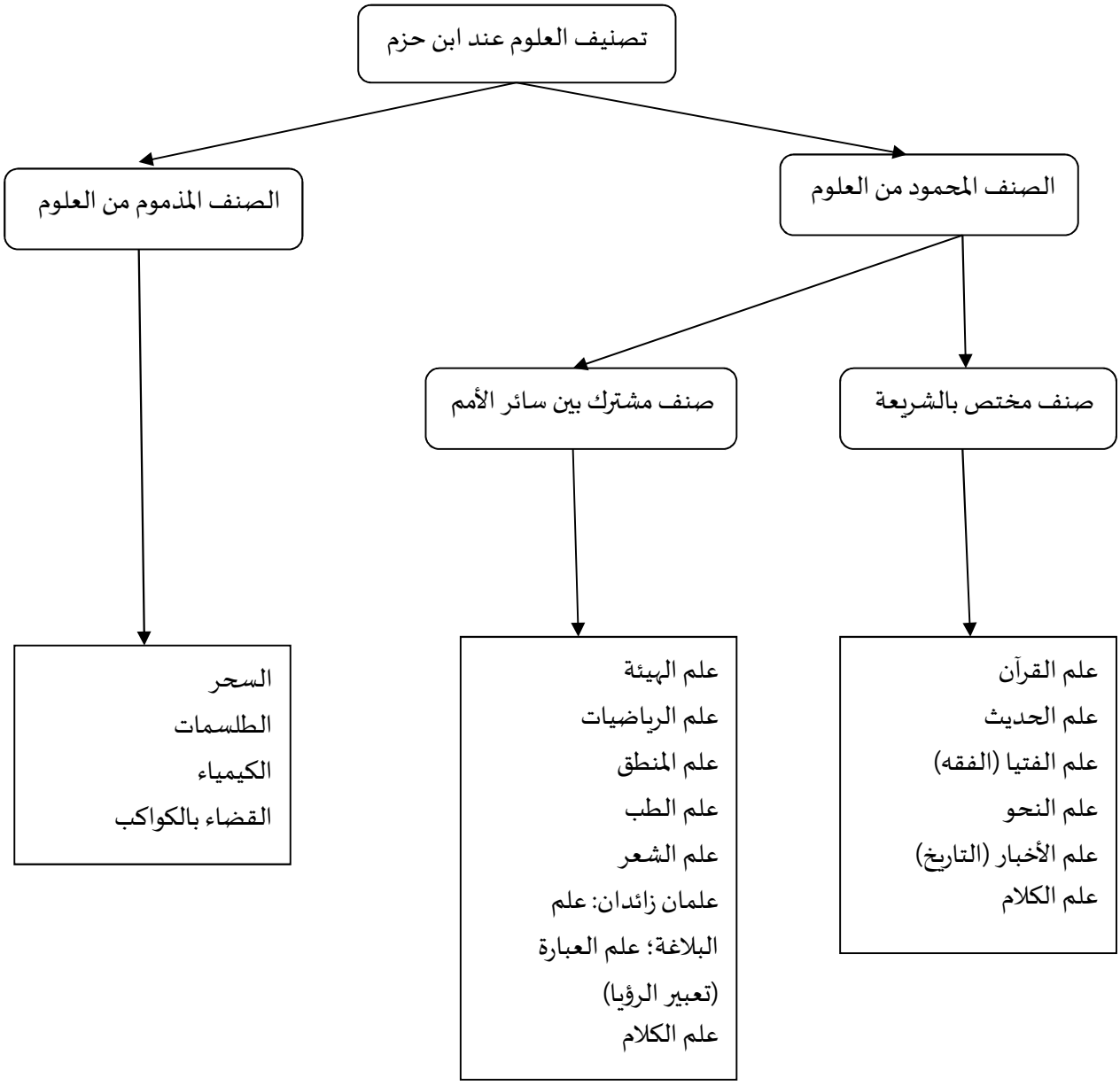
1.3. تصنيف العلوم عند ابن حزم

أقام ابن حزم تصنيفه على أساس التفرقة بين صنفين رئيسيين: صنف نافع ومحمود يدخل في سياق العقل والشرع؛ وفي المقابل صنف مذموم خارج عن مسار العقل والشرع. يقول ابن حزم: "فالعلوم تنقسم أقسامًا سبعة عند كل أمة، في كل زمان وفي كل مكان وهي: علم شريعة كل أمة... وعلم أخبارها وعلم لغتها، فالأمم تتمايز في هذه العلوم الثلاثة، والعلوم الأربعة الباقية تتفق فيها الأمم كلها وهي: علم النجوم، وعلم العدد، والطب، وعلم الفلسفة، ومعرفة إلهية... وقد بيّنا أن كل شريعة سوى الإسلام فباطل، فالواجب الاقتصار على شريعة الحق" [1].

وأقسام علوم الشريعة عنده أربعة: "وعلم شريعة الإسلام ينقسم أقسامًا أربعة: علم القرآن وعلم الحديث وعلم الفقه وعلم الكلام" [1]. ثم يضيف لهذه العلوم الأربعة مجموعة من العلوم وهي: النحو واللغة والأخبار وعلم النسب، وعلم النجوم، والعدد، والمنطق، والطب، والشعر، والبلاغة، وعلم العبارة -أي تعبير الرؤيا- [1] "فهذه الأفانين هي التي يطلق عليها في قديم الدهر وحديثه اسم العلم والعلوم، وعند التحقيق وصحة النظر، فكل ما عُلم فهو علم، فيدخل في ذلك علم التجارة، والخياطة، والحياكة، وتدبير السفن، وفلاحة الأرض، وتدبير الشجر ومعاناتها وغرسها، والبناء وغير ذلك؛ إلا أن هذه إنما هي للدنيا خاصة فيما بالناس إليه الحاجة في معايشهم. والعلوم التي قدّمنا، الغرض منها التوصل إلى الخلاص في المعاد فقط، فلذلك استحقت التقديم والتفضيل، وبالله تعالى التوفيق" [1].

وأما العلوم المذمومة عنده، فتشمل أربعة علوم هي: السحر، والكيمياء، والموسيقى، والكواكب أو النجوم، وعلم الطلسمات. فيقول: "... من ذلك علم السحر وعلم الطلسمات، ... ومن ذلك علم الموسيقى وأصنافها الثلاثة... فاعلموا أسعدكم الله بتوفيقه أن من رأيتموه يدعي علم الموسيقى واللحون، وعلم الطلسمات فإنه ممخرق كذاب ومشعوذ وقّاح، وكذلك من وجدتموه يتعاطى علم الكيمياء..." [1].

المخطط التالي يوضح أقسام العلوم عند بن حزم:



2.3. منهج ابن حزم في التدريس

يمكن تلخيص مراحل التعليم عند بن حزم في هذا الجدول [1].

المرحلة	نوع العلم	المستوى المطلوب	الكتب المقررة
الأولى	أ. الخط ب. القراءة	1.خط قائم الحرف، بيّن، صحيح التأليف. 2.التمهُّر في قراءة كل كتاب يخرج من يده بلغته.	القرآن الكريم
الثانية	1. النحو 2. اللغة 3. الشعر	3.حفظ القرآن أ-إتقان أحوال الإعراب ب-إتقان المستعمل الكثير الدوران في الكتب ج-شعر الحكمة والخير دون ما عداها د-المدح والرثاء جائزان.	أ-الواضح للزبيدي أو الموجز لابن السراج ب- 1. للمعلومات الأساسية: الغريب المصنف لأبي عبيد، مختصر العين للزبيدي 2.للتعمق: خلق الإنسان لثابت، الفرق لثابت، المذكر والمؤنث لابن الأنباري، الممدود والمقصور للقالي
الثالثة	علم العدد	الضرب والقسمة والجمع والطرح والتسمية المساحة، الأرثماطيقي (طبيعة العدد) دوران الكواكب، أوقات الليل والنهار، المد والجزر	أقليدس المجسطي
الرابعة	المنطق والعلوم الطبيعية	الحدود، علم الأجناس والأنواع، القضايا عوارض الجو، الحيوان، النبات، المعادن، التشريح	
الخامسة	علم الأخبار	التواريخ القديمة والحديثة وأصحها تاريخ الملة الإسلامية، يتلوه تاريخ بني إسرائيل، يتلوه أخبار الروم وأخبار الفرس	
السادسة	قضايا فكرية مثل هل العالم محدث والنبوة	هل العالم محدث أو لم يزل؟ هل له محدث؟ هل النبوة ممكنة؟ النبوات. نبوة محمد صلى الله عليه وسلم	
السابعة	علم الشريعة	علم القرآن، الحديث، الفقه، الكلام	

وحذّر ابن حزم من الانشغال عن علوم الشريعة بأقسامها قائلًا: "فإذا اشتغل مغفل عن علم الشريعة بعلم غيره، فقد أساء النظر وظلم نفسه، إذا آثر الأدنى والأقل منفعة على الأعلى والأعظم منفعة" [1].

3.3. ضرورات طلب العلم عند ابن حزم

يمكن أن نختصر ضرورات طلب العلم عند ابن حزم في هذه النقاط [1]:

- طلب العلم لذاته، لا ليتكسب أو ليمدح به.
- الفهم والبحث والذكر والصبر.
- التعب فيه وإنفاق المال عليه.
- الاستكثار من الكتب لأنها لا تخلو من الفائدة، ولأن المرء لا يستطيع حفظ جميع العلوم ويتخصص فيها، فيرجع عند الحاجة إلى الكتب، والكتب تحفظ العلوم من الضياع، وتدحض دعاوى الجهلة وتساعد على التمييز بينهم وبين أهل العلم.
- التواضع في طلب العلم، وعدم الأنفة في التكرر على العلماء.
- تقييد ما يسمع، وجمعه وملازمة المحبرة يده وكمه.
- السكن في المدن التي ينتشر فيها العلم.
- حضور المناظرات ومجالس العلم لحصول السماع من علماء مختلفين وعدم الاقتصار على واحد منهم فقط، لما في ذلك من محاذير كإغفال النفع عند غيره، أو الاقتصار على ما عنده وإن كان غير كافٍ أو نافع.
- عدم الاقتصار على علم واحد، لأن العلوم يتعلق بعضها ببعض.
- طلب العلم الذي تتحقق فيه الرغبة ويتوفر معه الميل، والأخذ من باقي العلوم بما يكفي لمعرفة أغراضه.

4. مميزات المنهج الحزمي في تصنيف العلوم

1.4. الابتعاد عن التصنيف التقابلي للعلوم

صنّف ابن حزم العلوم على أساس المنفعة، سواء كانت دنيوية أم أخروية، لا على أساس تقابلي بين علم وآخر. "إذ حقيقة العلم هو ما قلنا إنه يطلبه لينتفع به طالبه، وينتفع به غيره في داره العاجلة وداره الآجلة التي هي محل قراره ومكان خلوده" [1]. وهذا لا يعني أن العلوم لا تتفاضل فيما بينها، بل تتفاضل حيث: "يؤثر منها بالتقديم ما لا يُتوصّل إلى سائر العلوم إلا به، ثم الأهم فالأهم والأنفع فالأنفع، فإن من رام الارتقاء إلى أرفع العلوم دون معاناة ما لا يُوصل إليه إلا به، كمن رام الصعود إلى علية مفتحة مظلمة أنيقة البناء دون أن يتكلف التنقل إليها في الدرج والمراقي التي لا سبيل إلى تلك العلية إلا بها" [2].

ولهذا لا يمكن النظر إلى ترتيب هذه العلوم على أنه تنازلي أو تصاعدي، تفقد فيه العلوم الموجودة في الأسفل قيمتها بالتدريج، وفائدتها بحسب ابتعادها عن العلوم الأولى. كما لا يمكن النظر إليه على أنه ترتيب تقابلي وتناظري يقسّم العلوم إلى نوعين: علوم النقل وعلوم العقل، كل واحد منهما على حدة مع محاولة التوفيق بينهما وبين مراميهما، كما نلاحظ ذلك في تصانيف جل الفلاسفة المسلمين. بل هو ترتيب دائري مغلق، يميز بين ما هو معقول شرعًا وعقلًا وهو البيان والبرهان، وما هو لا معقول عقلًا وشرعًا وهو الغنوص والباطن والكشف، أو باختصار اللاّعلم.

2.4. التداخل المعرفي

يكاد يكون التداخل المعرفي أهم ملمح لمنهجية ابن حزم في التعامل مع مختلف العلوم والمعارف، بل لا نعدو الصواب إذا قلنا إن التقسيم الثنائي للتداخل المعرفي لا وجود له في المنهجية الحزمية، فكل العلوم النافعة مندمج بعضها في بعض. "ومن اقتصر على علم واحد لم يطالع غيره، أوْشَك أن يكون ضِحكة، وكان ما خفي عليه من علمه

الذي اقتصر عليه أكثر مما أدركه منه، لتعلق العلوم بعضها ببعض، كما ذكرنا، وأدرج بعضها إلى بعض، كما وصفنا. ومن طلب الاحتواء على كلِّ علم أوشك أن ينقطع وينحسر، ولا يحصل على شيء، وكان كالمحضر إلى غير غاية، إذ العمر يقصر عن ذلك، وليأخذ من كل علم بنصيب، ومقدار ذلك معرفته بأعراض ذلك العلم فقط، ثم يأخذ مما به ضرورة إلى ما لابد منه كما وصفنا، ثم يعتمد العلم الذي يسبق فيه بطبعه وبقلبه وبحيلته، فيستكثر منه ما أمكنه، فربما كان ذلك منه في علمين أو ثلاثة أو أكثر، على قدر زكاء فهمه وقوة طبعه وحضور خاطره، وإكبابه على الطلب، وكل ذلك بتيسير الله تعالى" [1].

3.4. خدمة الشريعة

يقول ابن حزم: "المطلوب بتعلم العلوم إنما هو تعلم علم ما أراد الله تعالى منا... وما به يكون المخْلص... وهو المعرفة بالشريعة... فلا سبيل إلى صحة المعرفة واستحقاق حقيقتها إلا بمعرفة أحكام الله عز وجل... ولابد أن يعرف من الحساب ما يعرف به القبلة والزوال إلى أوقات الصلوات... وقسمة المواريث والغنائم، فإن تحقيق ذلك فرض لابد منه" [1]. وهذه الرؤية من ابن حزم لا يمكن أن نستغربها فهي صورة معبرة عن نظرة المفكر المسلم للعلم الذي تسيطر عليه الروح الدينية، فيضع الشريعة معيارًا لتحديد قيمة أي علم، وبمقدار ما يقدمه ذاك العلم من خدمة للشريعة الإسلامية، بما يقرب العبد من ربه، فيكون هو الأهم والأكمل والأفضل. "وجملة الأمر أنه لولا طلب النجاة في الآخرة لما كان لطلب شيء من العلوم معنى لأنه تعب وقاطع عن لذات الدنيا... فالعلوم كلها متعلق بعضها ببعض... ولا غرض لها إلا معرفة ما أدى إلى الفوز في الآخرة فقط وهو علم الشريعة" [1].

4.4. النظرة التكاملية للعلوم

الملاحظ على هذا التصنيف أنه يهدف إلى إقامة تكامل بين العلوم والمعارف، إذ يشتمل على علوم الأوائل، إضافة إلى علوم عربية وأخرى دينية إسلامية، وعلوم أخرى كالطب والعدد والهندسة وغيرها. وهذا يعكس الاحترام الفكري المتبادل والمتكامل بينها من جهة، والتميز بالصبغة الواقعية الجلية من هذا التصنيف من جهة أخرى، حيث أدرجت هذه العلوم مع بعضها، وجمعت صنوفًا من علوم النقل والعقل التي يحفل بها الواقع الثقافي والعلمي في البيئة الإسلامية. يقول ابن حزم: "العلوم كلها متعلِّق بعضها ببعض، محتاج بعضها إلى بعض"، بل "لا يستغني منها علم عن غيره" [1].

استنتاج

لعلنا نتساءل: هل كل تليد قديم؟ وهل كل ما تقادَمَ لابدّ أن يزول؟ إن تصنيف ابن حزم للعلوم يقدم لنا نموذجًا للعالم المسلم الحق، الذي يبين رأيه في القضايا والنوازل التي تحتاج إلى مواقف مبنية على نظرة الإسلام لمقاصدها، ويعيش عصره وواقعه، متميزًا بالموضوعية والدقة والشمولية. وهذا يدل على سعة اطلاعه وبراعته ونبوغه المتميز في المنهج المتبع والطرح الشامل، وحسن اختيار المواضيع، مع قراءة لكتب الخصم. وهذا هو السير المعرفي الصحيح الذي يتسق مع الإطار الذي يدعو إليه الدين الإسلامي، الذي انتهى إليه الإمام العالم الفيلسوف ابن حزم.

المراجع

[1] ابن حزم، رسالة مراتب العلوم، ضمن "رسائل ابن حزم"، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، 1983.
[2] ابن حزم، التقريب لحد المنطق، ضمن "رسائل ابن حزم"، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، 1983.
[3] الخوارزمي، مفاتيح العلوم، دار الكتاب العربي، بيروت، 1989.

[4] الذهبي، تاريخ الإسلام ووفيات المشاهير والأعلام، تحقيق: عمر تدمري، دار الكتاب العربي، بيروت، 1994.
[5] الذهبي، سير أعلام النبلاء، تحقيق: الأرناؤوط والعرقسوسي، مؤسسة الرسالة، بيروت، 1986.
[6] طاش كبرى زاده، مفتاح السعادة ومصباح السيادة، دار الكتب العلمية، بيروت، 1985.
[7] طاهر، حامد، نظرية تصنيف العلوم عند الفارابي، مجلة كلية الشريعة، جامعة قطر، العدد 9، 1991، ص. 383-416.
[8] الفارابي، إحصاء العلوم، دار الهلال، بيروت، 1996.
[9] موسى، جلال الدين، تصنيف العلوم عند العلماء المسلمين، مجلة المسلم المعاصر، العدد 41، 1985
[10] الهنداوي، حسن إبراهيم، الإمام ابن حزم ومنهجيته في التعامل مع مختلف العلوم ومدى صلاحيتها لأسلمة المعارف الإنسانية، مجلة الإسلام في آسيا، الجامعة الإسلامية العالمية بماليزيا، العدد 2، 2011.

******

الطين: تاريخه وبعض تطبيقاته (4)

التطبيقات الصناعية للمواد الطينية

محمد خوجة [1]، المرحوم غازي عثمانين [2] وميشال روتيرو [3]

[1] باحث بالمعهد الجزائري للبترول، سوناطراك (بومرداس) / الأكاديمية الجزائرية للعلوم والتكنولوجيات

[2] أستاذ، جامعة محمد بوقرة، بومرداس

[3] أستاذ محاضر لدى الجامعات، جامعة أورليون، فرنسا

mohamed.khodja@sonatrach.dz

ملاحظة

يحتوي هذا المقال على ثلاثة أجزاء: تاريخ الطين وخصائصه (نُشر في العدد 9)؛ الطين صحة وغذاء (نُشر على قسمين في العددين 10 و11)؛ التطبيقات الصناعية للمعادن الطينية.

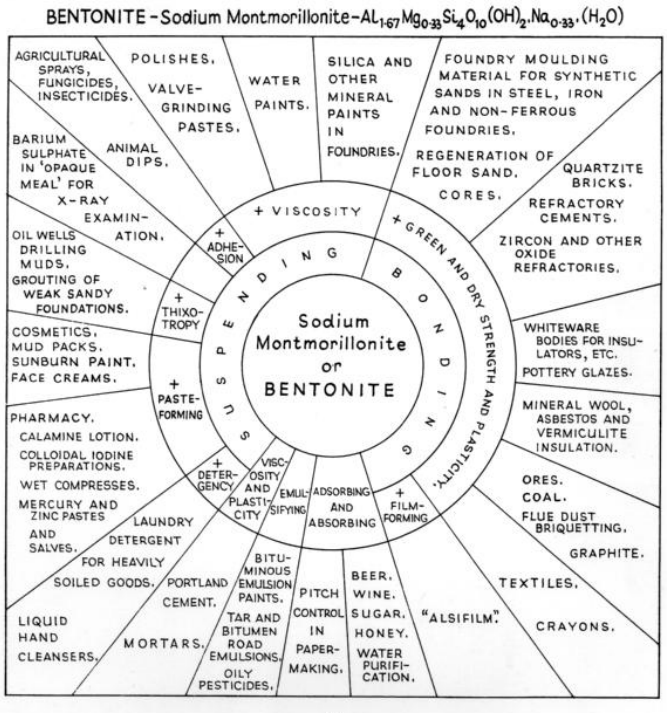
1. مقدمة

نحن نعرف، على الأقل منذ عشرة آلاف سنة، العديد من الاستخدامات التقليدية للطين. وجميع الحضارات التي استطاعت الوصول إلى الطين واستخدمته تركت آثارًا عميقة. منذ بداية القرن العشرين، بدأنا فقط بشكل أفضل في التعرف على المزيد من خصائص هذه المعادن بالمقاييس المجهرية والعينية، وبالتالي تعلم السيطرة عليها. في الوقت الذي كانت فيه العلوم والتكنولوجيا تنتج مواد رائعة ومفيدة، نجح الطين دائمًا في الأداء العلمي رغم أقدمية استخداماته على جميع المستويات من التطبيقات بدءًا من أشغال الهندسة المدنية إلى تكنولوجيا النانو. في الواقع، عند هذا المستوى يتم تحديد مفتاح معظم التطبيقات الصناعية.

قبالة مهام صناعية متعددة للطين، يبقى السؤال الكبير هو في نوعية وكمية إمدادات المواد الخام. قام الجيولوجيون منذ عهد طويل بوضع فهرس لمواقع حقول الطين، ثم درسوا بالتفصيل ظروف التكوين. المتخصصون في علوم المعادن والبلوريات تعلموا بعد ذلك أكثر فأكثر كيفية تحديد طبيعة المعادن الطينية (الفئة، الأسرة، التشكيلة) بدقة ومهارة. في وقت لاحق، استطاع خبراء علوم البلوريات والجيوكيمياء أن يدققوا مواضع الأيونات والبدائل، مما يسمح اليوم، وعلى نحو فعال، بدراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي يتوقع المستخدمون استغلالها.

2. استعمالات المواد الطينية

في الحياة اليومية، يكون المستخدم بعيدًا جدًا عن الحصول على المعارف المثالية. يكفي أن يقرأ المواصفات المدونة على حزم الطين المسوّقة لإبراز الحقيقة، وأن العديد من التحسينات ممكنة مع المعارف الحالية. يُمثّل الشكل 1 عددًا كبيرًا من التطبيقات للبنتونيت.



الشكل 1. أهم التطبيقات الصناعية للبنتونيت

يوفر المسح التالي معلومات موجزة عن استخدامات المواد الخام الطينية في الصناعة وغيرها من مجالات النشاط البشري. التطبيقات الأكثر شمولًا هي بطبيعة الحال في الفروع الصناعية. يكفي أن تكون على علم بحقيقة أن المنتجات الصناعية التي تستخدم المواد الخام الطينية، مثل الخزف، مختلف السلع الخزفية والبلاستيك والسلع المطاطية وأنواع لا حصر لها من الورق وغيرها من المنتجات، تؤثر على بيئة البشرية. في تشكيل البيئة البشرية الحديثة، كل شيء من منتجات السيراميك له أهمية كبيرة. أجزاء سيراميك البناء، المصنعة بشكل صحيح، مثل الطوب وبلاط التسقيف، السيراميك الصحي، والبلاط القابل للغسل بسهولة للواجهات الخارجية والتصميمات الداخلية في مترو الأنفاق والمطارات ومحطات السكك الحديدية ومراكز التسوق والشقق الخاصة، كلها يتم تصنيعها بشكل رئيسي من المواد الخام الطينية.

مساحة واسعة من استخدامات المعادن الطينية في حماية البيئة هي دورها كمواد ماصة ومواد عازلة للاحتفاظ. يُلاحَظ أن بعض المعادن الطينية لها خصائص امتصاص محددة. الكاولينيت، على سبيل المثال، مناسب لامتصاص أيونات الفلورايد من الماء. يتم امتصاص المعادن القلوية المشعة بشكل أكثر فعالية بواسطة معادن طين الميكا، بينما الكلوريت مناسب للنويدات المشعة ثنائية التكافؤ. يُستخدم بنتونيت الكالسيوم كمادة ماصة للمغذيات من مياه السدود والخزانات الأخرى، ممّا يقلّل من نمو الطحالب والعوالق الأخرى خلال أشهر الصيف. المعادن الطينية في الأنهار، سواء في التعليق أو الاستقرار في الطين، هي مواد ماصة مهمة للمواد السامة في الحل. أما خصائص التحريك للطين في الماء (بما في ذلك الامتزاز) فهي معروفة منذ أيام اليونان القديمة وروما.

3. التقييم المخبري وأصل أنواع الطين

أغلب أنواع الطين لها أصل جيولوجي، وبهذه الصفة فهي طبيعية. معادن الطين ليست مكونات عفوية ومن الضروري أن تكون موجودة في جميع الصخور، وهي تتواجد خاصة في السطح القريب من الأرض حيث أنها تنمو بشكل

رئيسي عند ظواهر الإفساد والتحليل بالماء للصخور السيليكاتية المشكلة في العمق. لذلك، فهي تتوزع مبدئيًا على شكل مشتت في أحجام صغيرة جدًا من الصخور (انكشاف المعدن على سطح الأرض، تشقق وصدع)، خاضعة للإجهاد الطبيعي وخاصة لعمل الماء (مياه الأمطار أو مياه معدنية). هذه المعادن الطينية بعد تكوينها على حساب الصخور الموجودة سابقًا والمتلفة، تخضع عادة للنقل تحت تأثير جريان المياه التي تسحبها تدريجيًا. ثم تتراكم في نهاية المطاف في الحقول الرسوبية الهامة، والبعيدة عن مواقع التشكيل الصخري بشكل أكثر أو أقل، وفي قاع البحيرات والبحار والمحيطات. طبقات الرواسب غالبًا ما تكون سميكة جدًا. ومع مرور الوقت وزيادة الطمر، تنضغط تحت تأثير وزنها والكتلة المشكلة من المواد التي تغطيها تدريجيًا.

وفقًا لنظرية الدورة الجيولوجية العامة الثابتة اليوم والتي وصفت بشكل جيد، البعض من هذه الطبقات سيخضع لتغييرات مختلفة وأحيانًا رفع/إعادة دفن خلال تحركات الصفائح التكتونية. صخور جديدة ستتشكل باستمرار، ولاحقًا ستتغير بدورها نتيجة الفساد من أجل خلق طين جديد. الظروف الطبيعية لدورة التشكيل -النقل- التراكم-الدفن-العودة إلى السطح تفضي إما إلى خليط من المعادن ذات الأصول المختلفة أو إلى حقول نقية جدًا وهي نادرة للغاية.

بالرغم من دراستها بالتفصيل من قِبل الجيولوجيين، فإن المعادن الطينية ظلت مدة طويلة غير معروفة لدى خبراء علم المعادن وخبراء علم البلوريات. وقد ساهم مخبر المعدن التابع للمتحف الوطني للتاريخ الطبيعي في باريس إلى حد كبير في دراسة هذه العلوم تحت إشراف البروفيسور لاكروا (Lacroix). وبالفعل، فإن علم معادن الطين لم يُفهم بصورة مرضية إلا في الثلاثينات من القرن الماضي، وذلك بفضل تطور:

- تحاليل كيميائية وأبحاث حول الروابط الكيميائية (كايير Caillère 1933، بولينج Bolingue 1930)؛
- تحاليل حرارية (ماكنزي McKenzy 1957)؛
- تحاليل عن طريق انعطاف الأشعة السينية خلال الأعوام 1930-1950؛
- تقنيات القياس الطيفي (سبكترومتر) وبشكل خاص تحت الأشعة الحمراء.

يمكن التعرف على أي مادة طينية من خلال بعض اللدونة في حالتها الخام. بعض الطين الطبيعية قد تفي المواد بالمواصفات المطلوبة للاستخدامات الصناعية بدون معالجة أو مزج مع المواد الخام الأخرى. قد يكون طين آخر مكونًا بسيطًا أو مزيجًا معقدًا من المواد الخام المختلفة. تتطلب المواد الخام الطينية الأخرى معالجة بسيطة أو معقدة لإزالة الملوثات أو المعادن غير الطينية. كما يتطلب تقييم مورد الطين غير المطور سلسلة من الفحوصات والتقنيات التي يمكن لمستخدمي الطين من خلالها التحرك تدريجيًا نحو تحديد الاستخدامات الأكثر ملاءمة للمادة. المراحل الثلاث المعنية ملخصة أدناه:

- **المرحلة الأولى**: الفحص، وتتكون من الخطوات التالية:
  - الخطوة الأولى: اللون؛
  - الخطوة الثانية: تحليل حيود الأشعة السينية؛
  - الخطوة الثالثة: التحليل الكيميائي؛
  - الخطوة الرابعة: التحليل المعدني؛
  - الخطوة الخامسة: توزيع المعادن مع حجم الجسيمات.
- **المرحلة الثانية**: الاختبار الأولي للخصائص الصناعية:
  - الخطوة المهمة فيها هي وضع جدول الخصائص الصناعية.
- **المرحلة الثالثة**: الاختبار التطبيقي.

الاستنتاجات

تنقسم استخدامات الطين إلى فئتين عريضتين متناقضتين. يُستخدم الطين بسبب خموله واستقراره. مجموعة كبيرة ومتنوعة من الاستخدامات الصناعية ترتبط أيضا بالخصائص الريولوجية الفريدة للطين والمعادن الطينية. يُستخدم الطين بسبب تفاعله ونشاطه المحفز. في القسم التالي، تتم مناقشة عائلات الطين المختلفة من حيث التطبيقات الخاملة أو التفاعلية وخصائصها الريولوجية الفريدة. في كثير من الحالات، يتم تعديل أنواع الطين المختلفة لتلبية المواصفات المطلوبة.

4. أهم التطبيقات

لقد أظهرت التجربة مدى أهمية أدوار الطين والمعادن الطينية لصحة الإنسان ونوعية الحياة. الطين هو واحد من أقدم المواد الأرضية التي استخدمها البشر لأغراض الشفاء منذ العصور القديمة. واستمرت استخدامات الطين عبر الحضارات الرومانية والبيزنطية والعثمانية حتى عصر النهضة عندما ظهرت النصوص الأولى لما يسمى دستور الأدوية. في القرن الثامن عشر بدأت الثورة الصناعية الأولى في بريطانيا العظمى وبالضبط في 1760، حيث كانت وفرة خامات المعادن (الحديد والقصدير والنحاس)، والفحم، والطين، واحتياطيات المياه عالية الجودة، العوامل الدافعة للتقدم الكبير الذي تم تحقيقه في كل من العلوم والتكنولوجيا، لا سيما في الكيمياء والصيدلة. ثم، أفسحت طرق إنتاج الحرف اليدوية المجال لطرق استخدام الآلات.

استفادت الكيمياء والصيدلة من التطورات الهامة التي تم تحديدها على أنها ثورة الكيمياء الجديدة أو الكيمياء والصيدلة الجديدة أو الثورة الصيدلانية. لم يظهر مفهوم الصحة العامة، والاهتمام بالنظافة العامة والسيطرة الضرورية على التهديدات الصحية الناتجة عن التصنيع السريع والتحضر، إلا في أواخر القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر، وبشكل أساسي في القرن العشرين، حيث تم استخدام مخاليط الطين/المياه المعدنية ذات المحتويات الصلبة المختلفة بغزارة في أوروبا.

في مجال الصحة البشرية (وحتّى الحيوانية والنباتية)، يجب أن نتساءل عن التداخل الحاصل بين الطين والكائنات الحية العديدة في كل الأوقات. إنّ معرفة آليات التداخل بين الكائنات الحية والطين بقيت تجريبية إلى غاية القرن العشرين، لأنّه لم تكن هناك دراسة علمية سليمة متوفّرة، ولا حتّى ممكنة. الأطباء اكتسبوا تدريجيًا، ثم نشروا، علمًا معترفًا به، غير أنّه لم يتمّ تجديده لغياب منهجية تحليلية فعّالة. بطريقة تدريجية، مكّنتنا الكيمياء والفيزياء من قياسات كمّية، حملت معها الدليل على البنية البلورية المعدنية للطين (تنظيم الذرات في شبكة منتظمة). منذ ذلك، تطوّر الأبحاث أصبح سريعًا جدًا، في البداية في الميدان الصناعي، ثمّ في ميدان التفاعلات في السطح البيولوجي، الأقل سهولة في الدراسة. بالمقابل، هذا التطور العلمي لم يتمكن من الوصول إلى كلّ الأشخاص المعنيين باستعمال الطين. وبالتّالي، فالعديد من التدخّلات تبقى حتى الآن كلّها تجريبية، لا يمكن برهنتها وفي بعض الأحيان تكون خطيرة.

في المستحضرات الصيدلانية والمنتجعات الصحية والعلاج التجميلي، يتم استخدام معادن الطين لأغراض علاجية ولتأثيرها المفيد على صحة الإنسان. في تركيبات المستحضرات الصيدلانية، تستخدم هذه المعادن في (الجهاز الهضمي، مضادات الحموضة المضادة للإسهال، واقيات الأمراض الجلدية، مستحضرات التجميل) والسواغات (قواعد خاملة، أنظمة توصيل، مواد تشحيم، مستحلبات). في المنتجعات والجمال، تُستخدم معادن الطين العلاجية في العلاج الجيولوجي، والعلاج بالبيلوثيرابي، والبارامود، لعلاج الأمراض الجلدية، وتخفيف آلام الالتهابات الروماتيزمية المزمنة، ترطيب البشرة، ومكافحة الحثل الشحمي المضغوط والسيلوليت. ومع ذلك، يمكن أن يكون لمعادن الطين أيضًا تأثير سلبي على صحة الإنسان عندما يتم استنشاقها على مدى فترة طويلة جدًا. يمكن أن تسبب معادن الطين أمراضًا في الرئة، مثل السرطان أو التهاب الرئة.

الاستخدام الداخلي

وفقًا لإحدى النظريات، "في المعدة، تجذب الشحنات الكهربائية السالبة لجزيئات الطين الصغيرة السموم المشحونة إيجابيًا من سوائل المعدة. يمنع هذا التكتل الجسيمات الصغيرة جدًا، مثل الجزيئات السامة، من المرور عبر جدران الأمعاء ودخول مجرى الدم". تستخدم العديد من الأدوية أيضا طين الكاولينيت، الذي كان منذ فترة طويلة علاجًا تقليديًا لتهدئة اضطراب المعدة. أيضًا، تم استخدام الكاولين كمادة فعالة في الأدوية السائلة المضادة للإسهال.

استخدام من قبل برنامج الفضاء ناسا

تمت دراسة آثار انعدام الوزن على جسم الإنسان من قبل وكالة ناسا مرة أخرى في ستينيات القرن العشرين. أظهرت التجارب أن انعدام الوزن يؤدي إلى استنزاف سريع للعظام، لذلك تم البحث عن علاجات مختلفة لمواجهة ذلك. طُلب من عدد من شركات الأدوية تطوير مكملات الكالسيوم، ولكن يبدو أن أيًا منها لم يكن فعالًا مثل الطين. أظهرت عدة دراسات أن استهلاك الطين يقاوم آثار انعدام الوزن. وذكرت أن "الكالسيوم في الطين ... يتم امتصاصه بشكل أكثر كفاءة ... يحتوي الطين على بعض العوامل أو العوامل الأخرى غير الكالسيوم التي تعزز تحسين استخدام الكالسيوم و/أو تكوين العظام".

أفضل نوع من الطين لاستخلاص السموم غير المرغوب فيها وتحقيق أكبر فائدة صحية هو طين الكالسيوم والبنتونيت. يحتوي على درجة حموضة تبلغ حوالي 9.5 (قلوي جدًا)، وقد ثبت مرارًا وتكرارًا أن له أفضل الخصائص الامتصاصية.

يجب من الآن شرح بقوة حقيقة أنّه بالنسبة للكائنات الحية، ليست جميع أنواع الطين صالحة "للعلاج" ولا تمنح كلّها إلاّ المحاسن، حتّى وإن كان لبعضها خصائص مفيدة في بعض المواضع المحدّدة. يمكن أن يكون بعضها ضارًّا أو مؤذيًا، بل إنّ البعض منها عظيم الخطورة: هذا هو حال الكريزوتيل، الفيلوسيليكات الداخل في تركيبة الأميونت، وهو عبارة عن مادة صناعية مفيدة جدًا من الناحية التقنية، لكنها مسبّبة لسرطان على الغشاء الرئوي نظرًا للتركيبة اللّيفية للجزيئات.

5. خبايا وميكانيزمات تطبيقات المعادن الطينية

هناك عدّة طرق لتقديم خصائص الطين، سوف نستعمل طريقتين مختلفتين أساسيًا. إنّهما تركّزان على مصطلحي النظام وعدم النظام، اللّذين يعتبران حالتين كبيرتين مستقرّتين أساسيتين بالنّسبة للمادة. إن لجزيئات الطين خاصية ميكروبلورية، وجه الباحثون تفكيرهم بسرعة، إلى البدء باستغلال الحالة البلورية الّتي هي مبنية على النظام. في مرحلة ثانية، منحوا دورًا أكبر أهمية للميكرو جزئية نفسها، لهذا بدأوا بفهم خصائص بعض المجموعات التي تجمع عددًا كبيرًا من جزيئات الطين: وبالتّالي فإن خاصية فقدان النظام هي الّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار. الطين المكوّن من بلورات ميكروسكوبية يقبل بالدخول في وسائل النمذجة في مجال الرياضيات المستعملة في الحالتين الفيزيائيتين: النظام وعدم النظام، الذي لا يعني بأنّه يتعلق بمهمة سهلة ولا بأنّ النتائج يمكن تحويلها بسهولة من السلّم الميكروسكوبي إلى السلّم الماكروسكوبي.

من الواضح أنّ الطين يستجيب في آن واحد إلى خاصيتين مختلفتين لهما علاقة بمجال الأبعاد. النظام يتواجد في السلّم الميكروسكوبي، وانعدام النظام يظهر في السلّم الماكروسكوبي. إنّ التعريف بسلّم التفصيل أساسي بسبب تواجد منطقة حدودية بين السلمين، ممّا يجعل من كلا الجانبين تظهر خصائص مختلفة، الّتي من الصعب أن نجد لها رابطًا لفهمها. يجب دائمًا تقديم تطبيقات يمكنها التعبير وشرح أيّ من هذه المجالات، وفي بعض الأحيان بمساعدة الخصائص الخاصة بهذين المجالين. هذا الثنائي النظام/عدم النظام يقودنا إلى التمييز بين نوعين كبيرين من الميكانيزمات التي تقودنا إلى تطبيقات علاجية للطين.

إنّ حالتي النظام وعدم النظام تمثّلان حقيقة الطبيعة: بين الاثنين، تكيّف المادة يسمح بمواجهة وضعيات متطورة وسطية، في معظم الأحيان عكوسة وغير مستقرة. إنّ المواد الطبيعية بحاجة إلى عناصر تحافظ على توازنها حتى تبقى ديناميكية مع مرور الوقت، ولكن وحتّى يتمّ تجديدها، يجب أن يكون لديها نظام مرن كفاية ومتكيّف. إنّ العناصر الطينية تظهر هاتين الميزتين. فهي منتظمة بشكل جيّد في هيكل ذري، ممّا يمكّنها من مقاومة هجمات الزمن، في بعض الأحيان لملايين السنين، وحتّى لمليارات السنين. على الرغم من هذا، فإن جاذبيتها الكبيرة للماء، ووجود بعض الخلل الموروث من نشأتها، يسمح لها بالتكيّف بشكل سري، وبدون تأثير على مركبات أخرى. لهذا، فمعظم خصائص الطين الفيزيائية والكيميائية تحفّز تفاعلات التجمع، بالامتصاص أو الامتزاز، والتبديل. إنّ قدرتها الكبيرة على الامتصاص تسمح لها بإلصاق العديد من المركبات (الكاتيونات أو الجزيئات)، التي يعتبر البعض منها سامًا، ممّا يسمح باستعمالها في الميدان العلاجي، وخصوصًا في مجال الجهاز الهضمي.

نقطة أساسية لفهم ميكانيزمات عمل العناصر الطينية وتركيبتها الأيونية وارتباطها مع أيونات تعويضية تبديلية أو جزيئات حركية، في معظم الأحيان تدخل في أهم عمليات التبادل اللاّزمة والمستعملة في العلاج. عندما يكون الطين على اتصال بمادة بيولوجية (من المحتمل أن تكون حية) يحدث لقاء لعالمين وطريقتين للوجود مختلفتين تمامًا، مما ينتج عنه ميلاد خصائص وتطبيقات جدّ غنية. لفهم طريقة عمل الطين، يجب الأخذ بعين الاعتبار قابلية الدائمة للتغيير، التطوّر، التكيّف ولإيجاد توازن أفضل.

المخلوقات والكائنات الحية مدركة حسيًا وحسّاسة، وبعضها واعٍ. دراستنا لا يمكنها أن تغضّ النظر عن هذا المجال الحسي والبسيكوحسي، الجدّ خاص، للاتّصال ما بين كائن حي واعٍ والطين. إن الكائنات الحية العليا، لديها بالإضافة إلى هذا إمكانية ضبط إجابتها لفهم معين. إنّ عبارة "الطين الليّن" تأخذ هنا بعدًا حقيقيًا جدًا: إننا نردّ بطريقة جيّدة عندما نكون بحالة جيّدة. هو نوعٌ من التكافل في علم الأحياء ما بين الطين والجسم تم تحقيقه. باشتراكه مع الماء، وعند درجة حرارة ملائمة، يكتسب الطين هذه الخاصية الإضافية بالتأثير أيضًا على الإدراك الحسي على التواجد.

بطبيعة الحال، غياب المعارف العلمية يجعل بعض الكتّاب يضعون أسبابًا لبعض الأفعال من دون أي شرح محكم. غير أنّ هذا لا يعني منذ البداية بأنّ ملاحظاتهم غير مبنية على أسس صحيحة: إنّ الميزات المعمول بها هي الّتي يجب أن تكون أكثر دقة. إنّنا اخترنا أربعة أمثلة من الكتب العلمية، ولكن هناك العديد من الأمثلة الأخرى:

أ. **الخصائص المشعّة للطين**: الفيلوسيليكات بطبيعتها ليست لديها هذه الخصائص. غير أنّ الطين، ولكونه ينشأ خصوصًا من تحلل لصخور السيليكات، فإنه خاضع لقوانين تحلل الصخور، وبالتّالي يمكنه في بعض الأحيان أن يختلط بمركّبات تحتوي على اليورانيوم متواجدة بنفس الصخور، والّتي تمتلك الخاصية المشعّة. لأنّ هذه المركّبات تكون منقسمة إلى أجزاء جدّ صغيرة، يمكن بصعوبة تفريقها عن الطين، في كلّ الأحوال ليس بطريقة طبيعية. في هذا الاتجاه، فإنّ المنتجات التجارية يمكن أن تكون حاملة لقدر جدّ ضعيف من الإشعاع (يجب ملاحظة بأنّ مستوى الإشعاع نادرًا ما يتمّ قياسه ووضعه على الأغلفة).

ب. **الخصائص المغناطيسية** الّتي يتمّ الحديث عنها كثيرًا، في معظم الأحيان ليست تلك الخاصّة بالطين، إنها تنتج في الواقع من تواجد جزيئات لمركّبات معدنية مغناطسية مختلطة بها.

ج. في معظم الأحيان، يدرج الطين على كونه "يحوي خصائص" مضادة حيوية أو معقّمة. لا يملك الطين هذه الخصائص، لكن نظرًا لطبيعته المتكوّنة من صفحات ورقية، فإنّه يمكن أن يشكّل حاجزًا منيعًا خصوصًا للماء والهواء. من الظاهر بأنّه يمكنه حماية الجسم من الاتّصال بوسط ملوّث ويمنع الأوكسجين من الوصول إلى سطح منطقة عفنة مانعًا تطور بعض الكائنات الحية الدقيقة. إنّ خاصية أخرى تسمح له عن طريق الامتزاز، من تثبيت

جزيئات هي حقًّا "مضادة حيوية " ولكنّها ليست سوى شريكة للطين. إن الاختلاط في هذه الحالات ناتج دائمًا من جهل لميكانيزمات معقّدة، الّتي من الواجب تحليلها حالة بحالة، دون تعميمها.

د. إنّ ألوان الطين تعتبر في معظم الأحيان دليلًا تجاريًا جدّ هام، إنها ليست متعلقة بخصائص الاستعمال وهي ليست أبدًا سببًا للمنع.

النية ليست محاربة هذه الأشكال الغامضة، ولكن المشاركة في فهم أحسن للواقع حتى نتمكن من استعمال جيّد للطين بفضل فهم ميكانيزمات تشكيله وبالتّالي مفعوله. إنّ المشاكل تأتي من الخصائص الميكروسكوبية لمختلف المعادن الموجودة علمًا بأنّ الأبحاث العلمية تمكّننا بشكل تدريجي من شرح أكثر صحة لخصائصه. بفضل النتائج التي أظهرها على الأحياء، فإنه سمح بتوجيه البحث التحليلي وفتح آفاق جديدة علمية. ملخّص القول، دراستنا، ليست موّجهة نحو مجادلة مستهدفة للأمور غير المثبتة، ولكنّها جاءت لتجعل لها مكانًا في مجال المعارف العلمية المعترف بصحّتها. بطبيعة الحال، بإمكانها التطور، موجّهة بعزم نحو استعمال موسّع لهذه المعادن الجدّ خاصة.

خلاصة

إننا نعلم منذ حوالي عشرة آلاف سنة، العديد من الاستعمالات التقليدية للطين. يستخدم الطين والمعادن الطينية على نطاق واسع في مجموعة واسعة من التطبيقات الصناعية. توضح هذه المراجعة للتطبيقات التقليدية لمعادن الطين مدى التنوع العظيم في تركيبات وخصائص معادن الطين والنطاقات الأوسع من العمليات والمنتجات التي يمكن استخدامها فيها. يمكن استخدام معادن الطين في حالتها الطبيعية (الخام)، كمواد غير نقية منخفضة التكلفة بسبب خصائصها الهندسية والفيزيائية و/أو الكيميائية.

ينعكس تنوع معادن الطين أيضًا من خلال استخدامها في تكوين وإعداد مركبات الطين والبوليمر غير العضوية. المواد الهجينة العضوية هي موضوع بحث مكثف بسبب إمكاناتها الهائلة للتطبيقات الجديدة. في الوقت الذي ينتج فيه العلم والتكنولوجيا مواد رائعة ومفيدة، فإنّ الطين ينجح دائمًا في التواجد بطريقة لافتة للأنظار بالرّغم من قدم استعمالاته. كلّ مجالات الاستعمال معنية بهذا من أعمال الهندسة المدنية وصولًا إلى التكنولوجيا النانوية. في الطرف الآخر من الطيف. تلعب معادن الطين المكررة عالية النقاء دورًا متكاملًا في أعلى الإنجازات التكنولوجية للإنسان بما في ذلك كبسولات الفضاء، والمواد الذكية والمستحضرات الصيدلانية.

تنويه: نُشر الجزء 1 من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 9، جانفي 2024.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n9/article9-13.pdf
نُشر الجزء 2 من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 10، أفريل 2024.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n10/article10-2.pdf
نُشر الجزء 3من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 11، جويلية 2024.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n11/article11-7.pdf

المراجع

[1] عثمانين غازي، محمد خوجة، الطين والصحة خصائص وعلاجات. ترجمة الكتاب من الفرنسية إلى العربية. ميشال روتيرو، نيكول ليفينج، سالسو جومس وَمحاناز كاتوزبان صفادي، دار الخلدونية، الجزائر، 2023.

[2] Bergaya, F., Lagaly, G., General Introduction: Clays, Clay Minerals, and Clay Science. In Developments in Clay Science, Elsevier, Oxford, Chapter 1, 2006, pp. 1–18.
[3] Bernal, J.D., The physical basis of life. Proceedings of the Physical Society Section A 62, 1949, 537–558.
[4] Caillère, S., Contribution à l'étude des minéraux des serpentines, Thèse de doctorat d'Etat es sciences, Muséum National, Paris, 1933.
[5] Ferris, J. P., Montmorillonite catalysis of 30-50 mer oligonucleotides: Laboratory demonstration of potential steps in the origin of the RNA world. Origins of Life and Evolution of the Biosphere, 32, 2002, 311-332.
[6] Grim, R., Applied Clay Mineralogy. McGraw-Hill, New York, 1962.
[7] Rautureau, M., Gomes, C.S.F., Liewig, N., Katouzian-Safadi, M., Clays and Health: Properties and Therapeutic Uses. Springer International Publishing AG, Switzerland, 2007.

****

شخصية العدد

الأستاذ محمد الطيب سعداني

مدير المدرسة العليا للأساتذة-القبة (سابقا)

نبدأ بتقديم محطّات السيرة الذاتية للأستاذ محمد الطيب سعداني، قبل أن نطرح عليه أسئلة المجلة:

لقد ولد في الخامس من شهر مارس من عام 1947 ببلدية قمار (ولاية الوادي)، الجزائر. أما دراسته الابتدائية فتمت في مسقط رأسه إذ نال هناك الشهادة الابتدائية في مدرسة النجاح التابعة لجمعية العلماء المسلمين الجزائريين عام 1962، ثم شهادة الأهلية (الفرنسية) في السنة الموالية من متوسطة مدينة الوادي. وشعورًا منه بضرورة تحمّل مسؤوليته المادية تجاه أسرته غير الميسورة الحال لم يواصل دراسته، فعمل كموظف في إدارة البريد والمواصلات الجهوية بالأغواط. ويذكر محمد الطيب سعداني أن مدير هذه المؤسسة آنذاك –وهو المجاهد عمار ثليجي (1923-1965) رحمه الله، الذي تحمل اليوم جامعة الأغواط اسمه- قد قرّبه إليه أيّما تقريب فاتخذه كاتبا له.

ثمّ التحق عام 1965 بالثانوية الناشئة آنذاك في مدينة تقرت حيث أحرز في جوان 1966 على ما كان يسمّى بالجزء الأول من البكالوريا، وكان يعمل في نفس الوقت كمراقب بداخلية الثانوية. وفي سنة 1967، انتقل إلى مدينة قسنطينة لاستكمال دراسته الثانوية فأحرز في تلك السنة على شهادة البكالوريا.

في سبتمبر سنة 1967، التحق بالمدرسة العليا للأساتذة-القبة التي كانت آنذاك تدفع شبه راتب لطلبتها، وهذا ما كان يسمح لعديد المعوزين من الطلبة بمواصلة الدراسة الجامعية وتغطية بعض نفقات أسرهم. سجل الطالب سعداني في كلية الآداب لتحضير شهادة الليسانس في الفلسفة بجامعة الجزائر (الجزائر 1، حاليا، والتي كانت آنذاك الجامعة الوحيدة في البلاد). كما سجل في كلية العلوم لإعداد شهادة الليسانس في العلوم الفيزيائية التي نالها عام 1972. وكانت هذه الشهادة تسمح للحاصل عليها بأن يكون معيدا متعاقدا في الجامعة. وذلك ما فعل محمد الطيب خلال السنة الجامعية 1972-1973، حيث كان من أوائل الجزائريين الذين درّسوا مادة الكيمياء في الجامعة باللغة العربية.

وقد أتيحت له الفرصة عام 1973، مثل العديد من أقرانه في تلك الفترة، للحصول على منحة دراسية في جامعة تولوز الفرنسية. وهكذا أحرز على دكتوراه الدرجة الثالثة في الكيمياء خلال جوان 1976. فعاد إلى المدرسة العليا للأساتذة-القبة إذ تولّى منذ ذلك التاريخ حتى 1990 إدارة الدراسات في هذه المؤسسة بالموازاة مع انتسابه لسلك الأستاذة المساعدين المكلفين بالدروس. وفي هذه السنة نال شهادة دكتوراه الدولة في علوم التربية من جامعة الجزائر، وعيّن على رأس المدرسة العليا للأساتذة ودام ذلك حتى عام 1994. وفي عام 1997 رقّي إلى رتبة أستاذ التعليم العالي.

وسمحت له هذه التجربة في مجال التربية والتعليم بتقلّد عديد المناصب العليا في هذا الحقل، منها مديرا للدراسات بوزارة التربية الوطنية (1994-1997)، ومديرا للدراسات بالمجلس الأعلى للتربية (1997-1999)، ورئيسا

للديوان بوزارة التعليم العالي والبحث العلمي (1999-2004)، ومستشارا ثقافيا برتبة وزير مفوض بسفارة الجزائر في فرنسا. لكن مختلف المناصب الإدارية التي تولاّها -باستثناء المنصبين الأخيرين منها- لم تثنه عن أداء مهمة التعليم التي يعدّها مهمّته الأساسية. ومن المعلوم أن السيد سعداني التحق بالمدرسة كأستاذ إثر عودته من فرنسا في 2007. وعند تقاعده سنة 2015، ظلّ يعمل بنفس المؤسسة كأستاذ متعاقد.

أما في مجال البحث العلمي المرتبط بالتربية والتعليم فكان حضوره متواصلا منذ 1991 من خلال الإشراف على عديد مشاريع البحث في علوم التربية. ومن عناوين هذه المشاريع نذكر "إثراء المصطلح العلمي العربي"، و التأثيرات المتبادلة بين الجوانب اللغوية والجوانب المعرفية في تعليم العلوم وتعلمها"، و"تطوير تعليمية العلوم البيولوجية بالجزائر"، و" النماذج والنمذجة في العلوم الفيزيائية: الجوانب الإبستمولوجية والاستعمال في التعليمين: الثانوي والعالي". كما أشرف على أبحاث عديد الطلبة من المسجلين في شهادتي الماجستير والدكتوراه، وشارك في كثير من الملتقيات الدولية في البلاد العربية والأوروبية.

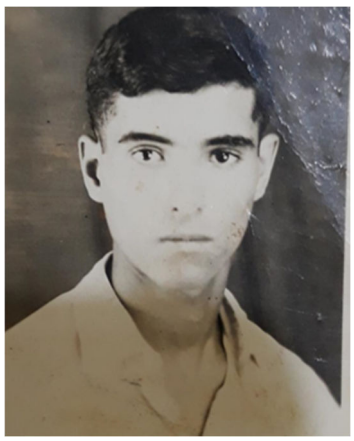
ومن نشاطاته العامة المشاركة في الندوات العلمية وإلقاء كمّ كبير من المحاضرات حول التربية والتعليم والمناهج الدراسية في الداخل والخارج. كما كان عضوا في عديد الهيئات التربوية الوطنية. وكان للأستاذ سعداني حضور مميز في عالم النشر والترجمة بحكم إتقانه للغتين العربية والفرنسية. وقد ذكر لنا أنه بصدد إنجاز مجموعة من الكتيبات على غرار كتيب "المدخل للعلوم الفيزيائية" الذي سبق نشره، يتناول فيها بعض المفاهيم الأساسية في الكيمياء العامة.

58. الدافعية والنجاح المدرسي

تأليف: Alain Lieury & Fabien Fenouillet
ترجمة: أ. د. محمد الطيب سعداني
مراجعة: أ. د. علال بن العزمية

يعالج هذا الكتاب بصورة منهجية "الدافعية" وذلك باستعراض كل تيارات البحث وكل النظريات. إن هدفه هو تبسيط علمي لعناصر تبدو مفيدة للمعلمين والمكونين والآباء ولطلاب علم النفس، ولمختلف مهن التربية، في فهم دافعيات التلاميذ وعوامل وهن عزيمتهم. ويشتمل الكتاب على العديد من الأمثلة عن تجارب أساسية أجريت على الحيوان لأسباب أخلاقية أو لسهولة دراسة الآليات الأولية، كما يحتوي على كثير من الجداول والرسوم التي تساعد في فهم البحث.

تقديم لكتاب "الدافعية والنجاح المدرسي" الذي ترجمه عام 2000 الأستاذ سعداني بطلب من المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر بدمشق، وهو مركز تابع للمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم.


صورة من عهد الطفولة (~1963)

خلال محاضرة بالمدرسة عام 2023

ومن المعلوم أن الأستاذ سعداني ممن لم يكتفوا في كتاباتهم بالنثر بل تعاطوا الشعر أيضا في عدة مناسبات منذ عقود. وإنّا لنأمل أن يتدارك ذلك فينشر قصائده –التي منها ما ظهر في صحيفتي الشعب والمجاهد- ضمن ديوان شعر في أقرب الآجال. دعنا نختم هذا التقديم بعيّنة من هذا الشعر، وهي قصيدة كتبها في أفريل 2015.

أنا وطلبتي

ماذا أخطّ على أوراق أشجاني؟ ... أمري يحيرني والشك أعياني !
إني لأعجب مما كان من زمني ... - أن رابني – ونذير الشيب أضواني
أهكذا قيمي – مثل الندى- بخرت! ... وأصبحت خبرا من طول هجران
للحرف حرمته ... عُلّمتُ في صغري ... حتى سرت كدمي في روع وجداني
وأشهد اليوم ما بالحرف من علل ... بالدَّمع أبكيه ... أم بالأحمر القاني؟
قد كان يندى شذًى من ألف خافقة ... وينضح العطر من رَوْح وريحان
وكم وعى مثلاً من ماضي أزمنة ... وشاد رائعة من وحي فنان
وأصبح اليوم رقماً في رسائلهم ... رقماً بلا نبضة تهفو و تحنان
الخفض والرفع في الأسماء عندهم ... لا ضَيرَ فيه ... هما في الحال سيّان
والجزم قاعدة - ولو بلا سند- ... والصرف يُنسى... وهم والنحو اثنان
"نرمال" ، في قولهم كأنها خبرٌ ... بدون مبتدإ... أو مُبهم ثان
يكاد يخنقني جواب بعضهمُ ... حين أناديهمُ " راني هنا هاني"
أو حين أسمع - مثل الهمس - طقطقة ... تفيد جهل جواب بعض أحيان
لا أشتكي زمني ولا أنابيه ... فالكل منه بتقدير وحسبان
حضارة الرقم قد أبدت محاسنها ... وإن غدونا بلا حيّ وعنوان
كثر مصادرنا، كثر مناهلنا ... تأتي معارفنا في الحين والآن
والله يعلم كم أنّي أحبهمُ ... ومن حنايا جنان مفعم حاني
أمشي للقياهمُ ، شوقاً على عجل ... أشق دربي ودفء الشوق يغشاني
لي فيهمُ كم رجاءات أُهدهِدُها ... فكلهم بخلاق الخير أرضاني
وإن ضجرت بهم في بعض آونة ... فكي تُبلّل بالأنداء أغصاني
لست أعلمهم نحواً ولا لغة ... ولا بياناً ولا تقطيع أوزان
لكنّ يقنت بأن العلم مرجعهُ ... دوما إلى لغةٍ تسمو وميزان
وقيّم الفكر من سلامة الكَلِم ... لذا حرصت على نحوي وتبياني
نم حيث أنت قرير العين يا أبتِ ... إنّي على العهد حتى نشر أكفاني

محمد الطيب سعداني
الجزائر في 25 أفريل 2015

10 أسئلة يجيب عنها الأستاذ محمد الطيب سعداني

مدير المدرسة العليا للأساتذة-القبة (سابقا)

السؤال 1: أنتم من خريجي المدرسة العليا للأساتذة-القبة (دفعة 1972). حدّثونا بمناسبة الذكرى الستينية لتأسيس هذه المدرسة، عن الجو الذي كان يسود عند الطلبة في تلك الفترة.

الجواب: لعلّه من المفيد التذكير بأنّ الطلبة الأساتذة -تلك كانت التسمية الرّسمية (ترجمة لـ élèves- professeurs) للطلبة المنتسبين للمدرسة العليا- كانوا قليلي العدد، فلا يكاد مجملهم يتجاوز في تلك الفترة مئة طالب في كل التخصصات الأدبية والاجتماعية باللغتين، والعلمية باللغة الفرنسية (لم يكن يوجد في تلك الفترة طلبة في الفروع العلمية باللغة العربية). ولم يكن الانتماء إلى المدرسة يعني الدراسة بها. فلقد كان الطلبة الأساتذة يتابعون دراساتهم الأساسية، محاضرات وأعمالا موجهة وتطبيقية بجامعة الجزائر [جامعة الجزائر 1 حاليا]: العلميون منهم في كلية العلوم والأدبيون وطلاب العلوم الاجتماعية بكلية الآداب. ولعلّ أوّل سمة مشتركة بينهم هي نضجهم والجدية التي تأنسها فيهم جميعا من خلال مناقشاتهم وسلوكهم العام.

ولا غرابة في ذلك فإنهم كانوا نخبة من الطلبة ليس فقط من حيث التميّز العلمي (فلم يكن يقبل بالمدرسة إلّا الناجحون من حملة شهادة البكالوريا في مسابقة كتابية وشفوية)، ولكن أيضا من حيث شعورهم بنبل مهمتهم المستقبلية وقدسيتها -مهمة التعليم-التي كانت الغاية من تكوينهم. وما من شك في أنّ قلة عددهم في الجامعة ومصيرهم المشترك قد نمّيا فيهم شعور التعاضد والتآزر.

"كان بين طلبة المدرسة نوع من السّلّمية فطلبة السّنة الرّابعة مثلا، سنة 1967، سنة التحاقنا بالمدرسة، كانوا يكوّنون فئة مميّزة، لا تختلط بباقي الطّلبة"

ومن الذكريات التي ما تزال عالقة بذهني، حتى يومنا هذا، مسيرات الطلبة، بعد طعام العشاء بمطعم المدرسة، في الرواق -جيئة وذهابا- مثنى مثنى وثلاث ثلاث أو يزيد، يتجاذبون أطراف الحديث في أغلب الأحيان حول مواضيع ثقافية وعلمية قبل التوجه إلى غرفهم للدراسة والمراجعة.

ولقد كان بين طلبة المدرسة نوع من السّلّمية فطلبة السّنة الرّابعة مثلا، سنة 1967، سنة التحاقنا بالمدرسة كانوا يكوّنون فئة مميّزة، لا تختلط بباقي الطّلبة. تراهم حتّى وهم في المطعم في صفّ واحد، بمعزل في العموم عن الطلبة الآخرين، يتصفّحون الصّحف الوطنية وغير الوطنية، في انتظار الوجبة الغذائية، وإنّ منهم من أصبح اليوم من كتّاب الجزائر ومؤرّخيها المشهورين مثل السيد علي الكنز (1946-2020) رحمه الله.

ومن الذّكريات التي ما تزال عالقة بذهني أيضا ذاك المناخ الفريد السّائد بقاعة مطالعة المكتبة التي تتوسّط الرّواق والتي يتردّد عليها الطّلبة الأساتذة من مختلف السّنوات الدّراسية في أوقات فراغهم للاستزادة من المعارف والتعمق فيها بالاطلاع على أمهات المراجع النادرة فتراهم، وسط صمت قدسي، منهمكين في مطالعتها وقد يترك البعض منهم أحيانا، لاسيما طلبة الفروع الأدبية والفلسفية، بعض التعليقات السريعة، بقلم رصاص، على هامش صفحة كتاب.

وطبيعي ألّا يعني شعور التعاضد والتآزر بين الطلبة الأساتذة، الذي أشرنا إليه آنفا، عدم وجود تنافس شديد بينهم، فلقد كانوا في الصّف الواحد حريصين كل الحرص على إحراز المراتب الأولى في التقويمات المختلفة يحفّزهم على ذلك الإعفاء الموعود للمتفوقّين منهم من التعليم في المرحلة الثانوية والالتحاق بالتعليم العالي. كما لا يعني ذلك البتة انعدام وجود تيارات إيديولوجية مختلفة المشارب بينهم. فلقد كانوا فئات مختلفة، لكل فئة منهم طيفها المذهبي والسّياسي، لكن خلافاتهم هذه لم تكن تتعدّى الشجارات اللفظية، ولم تكن لتنال في شيء من الاحترام المتبادل بينهم. وإننا لا نخال أننا نجانب الصواب إذا قلنا بأنّ هذه الحياة الجماعية بما تتيحه من لقاءات بين طلبة، قليل عددهم، من مناطق مختلفة من الوطن ومن تخصصات مختلفة هي فرص ثمينة لتغذية روح التنافس المبدع.

ونذكر في هذا السياق، سياق المناخ الثقافي السّائد آنذاك، أنّه كان يوجد بالمدرسة، إلى جانب ناديها العام، عدة نواد فكرية منها ناد للسينما والمسرح تنشّطه مجموعة من طلبة اللغة والآداب الفرنسية وناد للتصوير الفوتوغرافي ونواد فكرية أخرى وكانت تقام بالمدرسة، بين الفينة والأخرى، أمسيات شعرية وتظاهرات ثقافية، وما كان هذا ليكون لولا النظام الدّاخلي الذي ألحّ عليه، بالتأكيد عن قصد، واضعو النصوص القانونية، المتعلّقة بالطّلبة الأساتذة فهو الذي هيّأ بيئة ملائمة تساعد على الإبداع الخلاق.

"وجدنا سندا لما ارتأيناه في مقال مفاده "أنّه حيثما وجد انتقاء للالتحاق بمؤسسة تعليمية تزايد الإقبال عليها" فاقترحنا على السيّد المدير مصطفاي-رحمه الله-العدول عن مثل هذه المسابقات لكي يقتصر التسجيل في المدرسة على الحائزين على شهادة البكالوريا دون سواهم فأيّد رأينا"

السؤال 2: شغلتم منصب مدير الدراسات للمدرسة العليا للأساتذة خلال 14 سنة (1976-1990)، ماذا كانت أهم التحولات التي شهدتها المدرسة خلال تلك الفترة؟

الجواب: لعلّه يكون من المفيد التذكير، قبل الإجابة عن هذا السؤال، بأن إصلاح التعليم العالي الذي أنشأ، بمقتضى المرسوم 71-228 الصادر في 25 أوت 1971شهادة إجازة التعليم التي تؤهّل أساسا للتعليم العالي قد ألغى الامتياز الذي كان يتمتع به الطلبة الأساتذة منذ نشأة المدرسة، أي شبه الرّاتب المصروف للطلبة الاساتذة وعوضه بمنحة، وكان من انعكاسات ذلك عزوف الطّلبة عن الإقبال عن التسجيل بالمدرسة العليا (وهي مؤسسة جامعية تابعة لوزارة التعليم) وما عقبه من آثار سلبية على تأطير التعليم الثانوي. وفي مسعى لسدّ الحاجة اتخذت إجراءات قانونية في مطلع السنة الجامعية 75- 76 ومطلع السنة الجامعية 76- 77 يسمح بمقتضاها لمن لهم مستوى السنة الثالثة من التعليم الثانوي في التخصصات العلمية للالتحاق، بعد مسابقة، بالمدرسة العليا وببعض الجامعات لتحضير إجازات في العلوم الدقيقة (فيزياء وكيمياء ورياضيات) وعُمّم هذا الأجراء ليشمل المترشحين لتحضير الإجازة في العلوم الطبيعية السنة الجامعية 1976-1977.

وهكذا التحق بالمدرسة العليا بالقبة وببعض الجامعات نحو1300 طالبا أستاذا من غير المتحصلين على شهادة البكالوريا. وممّا هو جدير أن يلفت إليه الانتباه أنّ الانتماء إلى المدرسة العليا للأساتذة لم يعد يعني حينها الانتماء إلى مؤسسة محددة مكانيا إذ استحدثت في هذه الفترة فروع للمدرسة في بعض الجامعات والمراكز الجامعية، ولم يبق للمدرسة من دور في تكوين هؤلاء الطّلاب، إن على الصعيد العلمي أو على الصعيد التربوي، إلّا صرف شبه راتب لهم.

ولقد استخلصنا من الميدان، خلال العام الذي عُيّنا فيه مديرا للدراسات بالمدرسة (1976)، أنّ مثل هذه الإجراءات لا تشجّع التحاق حاملي شهادة البكالوريا بالمدرسة، بل تنفّرهم من ذلك، ووجدنا سندا لما ارتأيناه في مقال مفاده "أنّه حيثما وجد انتقاء للالتحاق بمؤسسة تعليمية تزايد الإقبال عليها" فاقترحنا على السيّد المدير عبد الحفيظ مصطفاي (1935-2006) -رحمه الله-العدول عن مثل هذه المسابقات لكي يقتصر التسجيل في المدرسة على الحائزين على شهادة البكالوريا دون سواهم فأيّد رأينا، ولم تُكرّر مثل هذه المسابقات في مطلع السنة الجامعية 1977-1978.

"واحتفلنا بتخرج أول دفعة من المدرسة العليا في شهر جوان 1983، وهي الدفعة التي دخلت المدرسة 3 سنوات من قبل، أي في مطلع السنة الجامعية 1980-1981، وهو التاريخ الذي بدأت فيه المدرسة تتكفل بالتأطير البيداغوجي الفعلي في المجالات العلمية لطلابها "

ومن أهمّ التّحوّلات التي شهدتها المدرسة والتي أثارت جدلا كبيرا حينها تحويل كل طلبة جامعة باب الزوار المعرّبين (وكانت آنذاك تدعى جامعة العلوم والتكنولوجيا للجزائر) إلى المدرسة العليا للأساتذة في أكتوبر1977. وقد سبب هذا حرجا كبيرا لمديرية الدراسات بالمدرسة لجهلها عددهم ومواعيد التحاقهم بالمدرسة ولعدم توفّر المدرسة على مرافق كافية لاستيعابهم، إذ لم يكن بها سوى مدرج واحد-المسمى "المدرج القديم" حاليا- وما يعرف بـ"المبنى البيداغوجي" وعدد

من القاعات الجاهزة كان يستعملها طلبة جامعة الجزائر. يضاف إلى ذلك عدم توفّر التأطير الإداري الكافي والوسائل الإعلامية لوضع جداول الدروس لطلبة موزعين -وهم في نفس الفصل -على العديد من الوحدات التعليمية وفق النظام المعمول به آنذاك.

وقد اضطرت إدارة المدرسة على هدم الجدران الفاصلة بين بعض القاعات الجاهزة كيما تستوعب الطلبة الوافدين والاستعانة بعدد من الكراسي والطاولات من جامعة باب الزوار. وفي نفس السياق، نشير إلى أنّه تمّ سنة 1978 توجيه الطّلبة الأساتذة الذين كانوا ينتمون لمدرسة تكوين المعلمين -أنشئت في إطار التّعاون الجزائري العراقي في أواخر السبعينيات ببوزريعة- إلى المدرسة العليا بالقبة.

ومن الأحداث الجديرة بالذكر إحداث قسم علوم التربية سنة 1977 بالمدرسة، وهو أوّل قسم أنشئ بها. وما من شك عندنا أنّ أهمّ تحوّل في تاريخ المدرسة هو الذي لاحت بوادره في الثمانينيات إثر قبول الوزارة الوصية طلب المدرسة أن تتولّى الإشراف العلمي والتربوي على طلبتها الذي كنّا شجّعنا بإلحاح السيد المدير عبد الحفيظ مصطفاي على رفعه إليها. وكان ذلك إيذانا بانطلاقة جديدة للمدرسة رغم عدم توفّر، إلّا القليل، من الإمكانات البشرية والمادية.

كما اقترحنا على السّيد المدير آنذاك تحويل الداخلية القديمة بالمدرسة (الموروثة عن العهد الاستعماري) إلى بنى بيداغوجية ووافقت الوزارة على ذلك. وتمّ تحويل الداخلية إلى مخابر في الفيزياء والكيمياء والعلوم البيولوجية وقاعات دراسية في صائفة السنة الجامعية 1981-1980.

واحتفلنا بتخرج أول دفعة من المدرسة العليا في شهر جوان 1983 وهي الدفعة التي دخلت المدرسة 3 سنوات من قبل أي في مطلع السنة الجامعية 1981-1980 وهو التاريخ الذي بدأت فيه المدرسة تتكفل بالتأطير البيداغوجي الفعلي في المجالات العلمية لطلابها. وكانت من قبل تتكفل به جامعة الجزائر أو جامعة باب الزوار من حيث كون هاتين الجامعتين هما اللتان كانتا تمنحان إجازة التخرج للطلبة الأساتذة.

وشهدت هذه الفترة فتح قسم العلوم الموسيقية في مطلع السنة الجامعية 1984-1983. وكانت مديرية الدراسات بالمدرسة أولى المؤسسات الجامعية التي اعتمدت المعالجة المعلوماتية بوسائل تكاد تكون بدائية لقبول الطلبة، ونذكر أن وزير التعليم العالي حينها قال لنا "لئن نجحت تجربتكم لنعمّمنّها على سائر الجامعات".

"ومن مقاصد المدرسة [الأساسية] تأسيس منظومة تربوية وطنية متكاملة تتيح فرصا متكافئة لجميع الأطفال الجزائريين في التعلم، متميزةٍ بأصالة مضامينها وتوّجهاتها وفلسفتها وبتفتحها على العلوم والتّكنولوجيا، فكانت منعطفا ونقطة تحوّل كبرى في مسار المنظومة التربوية الجزائرية"

السؤال 3: أنتم منشغلون بملف التّربية والتعليم منذ قرابة نصف قرن في إطار أداء مختلف المهام التي أوكلت لكم. هل لكم أن تبرزوا أهم المحطات التي مرّت بها المدرسة الجزائرية منذ الاستقلال؟ وهل هناك منها ما يمكن أن نسميَّه بـ"العصر الذهبي" للتربية والتعليم عندنا؟

الجواب: أفهم من المدرسة الجزائرية كل مراحل التكوين في بلادنا ومن موجبات الموضوعية أن أعترف للقرّاء بانّ كلّ جهدي منذ 2007 منصرف إلى التعليم، فهي مهمّة تشغل كل وقتي. وأعلم أنه قد أحدثت في المنظومة بعض الإصلاحات التربوية في المحتويات التعليمية وفي طرائق التدريس، وأنه قد تبنيت بعض الإصلاحات الهيكلية مثل تبني نظام "ل.م.د." في التعليم العالي، لكنها تظل، في نظري، أقل عمقا وجذرية من حدثين هامين شهدهما النظام التربوي الجزائري، هما حسب التسلسل التاريخي:

- إصلاح التعليم في بداية السبعينيات، عام 1971، بعد استحداث وزارة للتعليم العالي والبحث العلمي في جويلية 1970 والذي أحدث تغييرا عميقا في أسس نظام التعليم العالي لجعله ينسجم مع التوجه الاشتراكي للبلاد. وكان من أهدافه دَمَقْرَطة الالتحاق بالتعليم العالي، وربطه بمتطلبات نمو البلاد وجعله أكثر احترافية. ولقد غيّر هذا الإصلاح هيكلة التعليم العالي فحوّل الكليات إلى معاهد وألحق المدرسة المتعددة التقنيات بالجامعة وأحلّ محلّ الشهادات نظام الوحدات.

- صدور الأمرية رقم 76-35 المؤرخة في 16 أبريل 1976 المُتضمنة تنظيم التّربية والتّكوين، والتي أنشأت المدرسة الأساسية ذات التسع (9) سنوات ابتداء من الدّخول المدرسي 1980-1981. ومن مقاصد هذه المدرسة تأسيس منظومة تربوية وطنية متكاملة تتيح فرصا متكافئة لجميع الأطفال الجزائريين في التعلم، متميزةٍ بأصالة مضامينها وتوّجهاتها وفلسفتها وبتفتحها على العلوم والتّكنولوجيا فكانت منعطفا ونقطة تحوّل كبرى في مسار المنظومة التربوية الجزائرية. فكانت إيذانا لقطيعة مع النظام الموروث، ورافقت هذه الأمرية إصدار الإطارِ التشريعي والتّنظيمي للمنظومة التربوية الجزائرية.

يمكن الإشارة في نفس السياق إلى جانب هذين الإصلاحين الجذريين صدور القانون رقم 08-04 المؤرّخ في 23 يناير سنة 2008 الذي يتضمّن القانون التوجيهي للتربية الوطنية. يرسّم هذا القانون المهام الأساسية للمدرسة الجزائرية ويؤكّدها، وهي دعم قِيَم الهويّة الوطنية التي تربط المُتعلم بمجتمعه ووطنه وتاريخه وفضائه الجغرافي.

إنّه لا ينكر إلّا جحود ما حقّقته المدرسة الجزائرية من مكاسب، بعد استقلال البلاد سنة 1962، على الصّعيد الكمّي، فلقد تضاعف عدد التلاميذ المتمدرسين والطّلبة وعدد المعلمين والأساتذة أضعافا كثيرة، وتوسّعت شبكة المؤسسات التعليمية من مدارس ومتوسطات وثانويات وجامعات. وتلكم جميعا مؤشرات صادقة على ما تخصّصه الدولة الجزائرية من أموال في سبيل نشر التعليم بين المواطنين. لكن بعض الأسئلة تظل قائمة حول الأداء على الصّعيد الكيفي للمنظومة التربوية الجزائرية. ولم أطلع على دراسات مقارنة علمية تجيب بما لا يدع مجالا للشك عن هذه الأسئلة. وإذا ما احتكمنا إلى آراء الناس التي نسمعها هنا وهناك فإن الكثير منها يقف موقف المنتقد غير الراضي، كل حسب مرجعياته ومنطلقاته والواقع أن لا غرابة في هذا، فذلك شأن غالبية الناس إزاء نظمهم التربوية وفي غياب دراسة شافية حول الموضوع يبدو لي أنه ربما يكون من الحكمة تفادي الأحكام المطلقة العامة. فثمة دائما استثناءات، الواقع ثري بها، وثمة ما من شك نقائص لا بد من العمل على تصويبها. ومن ثمّ فإنه يبدو لي أنّ صفة "الذهبي" أو أي صفة أخرى التي يوصف بها عصر من عصور التربية في غياب معايير موضوعية إن هي إلّا تعبير عن تجربة ذاتية.

"ومن ثمّ فإنه يبدو لي أنّ صفة "الذهبي" أو أي صفة أخرى التي يوصف بها عصر من عصور التربية في غياب معايير موضوعية إن هي إلّا تعبير عن تجربة ذاتية"

السؤال 4: أنتم من أكبر المتابعين للجانب اللغوي، ومن المناهضين لهجين اللغات والدوْس على قواعدها في الشارع والمدرسة والإعلام ووسائل التواصل الاجتماعي. ما هي سبل معالجة هذا الوضع، في نظركم؟

الجواب: صحيح نحن من بين الذين يستنكرون استعمال لغة هجينة في التعليم، مهما كانت هذه اللغة، وأنتظر من المدرسة أن تكون قاطرة لا مقطورة لا سيما في هذا المجال وإنه ليحزّ في نفوسنا أن الأخطاء اللغوية أصبحت اليوم قدرا مشاعا لا يتحرّك لها ساكن؛ فإنك لتجد في بعض الأطروحات المنشورة من الأخطاء الكثير، ولا أدلّ على تدنّي المستوى الفكري من تدنّي المستوى اللغوي فلقد أقر بعض العلماء في الكيمياء أنه صحّح العلم حينما كان لا يبغي سوى تصحيح اللغة وهو يكتب مؤلفه مدخل إلى الكيمياء والعلاقة بين اللغة السّليمة والفكر السّليم من البداهة بمكان. ولا تكاد تسلم لغة من هذه الهجانة غير أن عموم الظاهرة لا يهوّن من خطورتها. وإزاء هذا الوضع من المنطقي أن نتساءل هل إلى تصحيحه من سبيل؟

وقد يقول قائل إنّ الظاهرة قديمة، فالذين يتقنون اللغة كانوا دائما قلة في مجتمعاتهم. لكن الظاهرة ازدادت جلاء بسبب دمقرطة التعليم. وفي هذا السياق أخبرنا بعض أساتذة اللغة العربية وآدابها الذين قاسمونا الملاحظة أنّ ثمة استثناءات كما لكل قاعدة ولا يساورنا في ذلك أدنى شك. فطلبتنا في السنة الرابعة فيزياء يؤكدون لنا ذلك في كل حصة ولكن ما يشغلنا ليست نخبة من الطلبة بل المستوى اللغوي العام ولا ندري هل هناك معايير موضوعية لقياس تدني المستوى اللغوي العام أم لا، وهل هناك من سبل لعلاجه؟

ويبدو لنا لأول وهلة أنّ معالجة الوضع ليست بالأمر الهيّن إن لم تكن مستحيلة خاصة أمام زخم المعلومات المتبادلة بلغة عامية عن طريق وسائل التواصل الاجتماعي ولطبع ميل البشر الفطري لما لا يتطلّب جهدا أي للأسهل. لكن هذا الواقع الذي ينبي ربما بتغير حضاري جذري لما لأساليب التواصل من صلة بالحضارة الإنسانية لا ينبغي له أن يثنينا عن محاولة البحث عن حلول. وأوّل ما يتبادر للذهن هو النظر في مكانة تعليم اللغة العربية في منظومتنا التربوية لا سيما في المراحل الابتدائية وليس فقط من زاوية الكم -الحجم الساعي- ولكن أيضا من زاوية الكيف، ومحتويات البرامج التعليمية التي يجب أن تختار محتوياتها بعناية.

وما من شك في أن كل أساتذة اللغة العربية في كل المراحل التعليمية معنيون بالمسألة، بل وكل الأساتذة الذين يعلّمون مواد باللغة العربية وكذلك الشأن بالنسبة للهيئات ذات الصلة، مثل المجلس الأعلى للغة العربية والمجلس الإسلامي الأعلى وجمعية العلماء ...

وإن كان دور من ذكرنا ضروريا فإنه ليس بكاف وحده إذ لا بد من مؤازرة وسائل الإعلام وتحضير البيئة الملائمة.

إن الحديث عن ظاهرة القصور اللغوي في اللغة العربية عند تلامذتنا وطلابنا قد يطول. وبديهي عندنا أنّ علاج المسألة لا ينبغي له باي حال من الأحوال أن يكون على حساب مواد أخرى، مثل تعلّم اللغات الأجنبية وغيرها من المواد.

السؤال 5: هناك من رجال التربية من يعيب على مناهج تدريس اللغات الأجنبية في المدرسة الجزائرية سبل تدريسها في بلادنا لاعتمادها أساليب وطرائق غير مناسبة لمن يتعلمها كلغات أجنبية. وهذا ما يجعل الكثير من التلاميذ يحصلون على علامات ممتازة في هذه اللغات وهم لا يتقنون أبسط قواعدها. فهل لديكم نفس الرأي؟

الجواب: لا ندرك الصلة المنطقية بين اعتماد أساليب وطرائق غير مناسبة في تدريس اللغات الأجنبية في بلادنا وحصول التلاميذ في هذه اللغات على علامات ممتازة. لكنّه قد يكون من المرجّح أن سبب ارتفاع العلامات هو سهولة الأسئلة لاعتبار واضعيها بأنّ الأمر يتعلّق بلغات أجنبية وأنه يكفي الإلمام السّطحي بها، تلكم مجرّد فرضية ...

ولقد لاحظنا فعلا منذ سنوات عديدة بأنّ علامات التلاميذ في اللغات الأجنبية في امتحانات رسمية مرتفعة عموما مقارنة بما نعلمه عن مستوياتهم الفعلية العامة في هذه اللغات وبديهي أنه لا يمكن بحال من الأحوال أن تكون لنفس العلامة اليوم نفس الدّلالة الإنبائية عن مستوى التحكم والإجادة في أي مادة، ولا سيما في اللغات الأجنبية التي كانت لها منذ نصف قرن والتلاميذ هم أوّل من يدرك أن علاماتهم مضخّمة وليس لها في أغلب الأحيان من دلالة عملية سوى، في أحسن الظروف، قيمة ترتيبية داخلية محلّية. ولقد علمنا في محاولتنا لتتبع ظاهرة تضخيم النقاط أن هيئات مخوّلة تقوم بذلك في بعض البلاد رغم معارضة المعلّمين.

"ولقد لاحظنا فعلا منذ سنوات عديدة بأنّ علامات التلاميذ في اللغات الأجنبية في امتحانات رسمية مرتفعة عموما مقارنة بما نعلمه عن مستوياتهم الفعلية العامة في هذه اللغات"

السؤال 6: الكل يشكو من مستوى التحصيل العلمي للتلاميذ والطلبة عندنا. هل ترون هذا الوضع مجرّد ظاهرة عالمية من الطبيعي أن تنعكس آثارها علينا، أو أن هناك عوامل داخلية عندنا زادت الطين بلة في هذا الموضوع؟ وما دور خبراء التعليمية من أجل التصدي لهذه الظاهرة؟

الجواب: بودّنا أن نشير في البداية إلى أنّ ظاهرة تردّي مستوى التحصيل العلمي للتلاميذ والطلبة ظاهرة ملحوظة في جميع البلاد، بل ويسجل أيضا عزوف الكثير منهم عن المواد العلمية، وهي من الظواهر التي يكاد يكون حولها إجماع عالمي. وليس مردّ الظاهرة، في نظرنا، نقص في الاستعدادات الفطرية من ذكاء ويقظة فكرية لدى تلاميذ وطلبة اليوم بل قد يكون من أسباب ذلك عوامل سيكولوجية وجودية من دوافعها المكانة المادية المتردية في المجتمعات عموما لأولي العلم والثقافة. ولا أحسب أنّ الوضع في بلادنا أكثر قتامة، كما لا أحسب أنّ خبراء التعليمية وحدهم قادرون على تغيير الوضع كثيرا. حقا، إنّ عليهم أن يسهموا في تطوير محتويات المناهج الدراسية لجعلها أكثر جاذبية وارتباطا بمواطن اهتمام

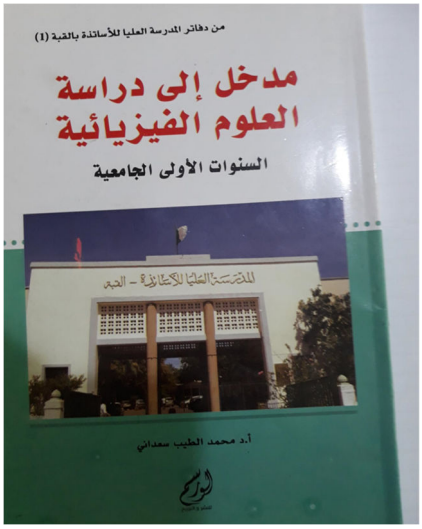
المجتمع، لكن الأمر يحتاج إلى تضافر جهود الجميع؛ وفي مقدمة ذلك الأُسَرُ التي يجب أن تكون للمدرسة ظهيرا وسندا. ومن المعلوم أنه يلزم جهود كل القرية لتربية طفل واحد من أطفالها.

السؤال 7: اختصاصكم الأساسي هو الكيمياء فضلا عن تعليمية العلوم والتربية. ألا ترون بأن مناهج الكيمياء في المرحلة الثانوية (وحتى الإكمالية) لا تراعي التطوّر الذي عرفته الكيمياء ومناهجها الدراسية في العالم. وظلت عندنا مادة الفيزياء في المرحلة الثانوية تطغى على الكيمياء، في حين أن الطلب في السوق حاليا، مثلا، يميل إلى توظيف المختصين في الكيمياء وتفرعاتها؟ من جهة أخرى، يطالب البعض فصل مادة الكيمياء عن مادة الفيزياء في المرحلة الثانوية بحيث يكون لكلّ من هاتين المادتين مدرّس مستقل مع تدعيم برنامج الكيمياء. هل تميلون إلى هذا الرأي؟

الجواب: إنّ إفراد مادة الكيمياء بأستاذ متخصص كما هو جار به العمل في جل البلاد مطلب قديم لكثير من الكيميائيين في الجزائر، ولكن ذلك مقرون بتغيير جذري لتدريس العلوم والربط بينها في إطار نظرة جديدة متكاملة لتدريس العلوم في مرحلة التعليم الثانوي. ولا يبدو لنا أنه من السهل تحقيق ذلك في القريب العاجل. إن ما يبدو لنا ممكنا في مرحلة أولى هو تحديث مناهج الكيمياء في بلادنا لجعلها أكثر جاذبية. فمناهج الكيمياء في بلادنا حسب علمنا لا ترافق التطوّر الذي يشهده علم الكيمياء ولا مناهج تدريسها في بلاد كثيرة، المتقدمة منها على وجه الخصوص.

ومن عيوب مناهج تدريس الكيمياء، على سبيل المثال، عدم ربطها بالواقع الجزائري، فبلدنا بلد بترول وغاز ولا تجد لهاتين المادتين ذكرا في برامج الكيمياء في التعليم الثانوي، على خلاف مناهج بعض البلاد غير المنتجة لهما، والجزائر ثرية بما لها من المواد الأولية والمعادن التي يحتاج حسن استغلالها إلى خبراء في العلوم الكيميائية وتطوير البحث العلمي فيها.

إنّ قيمة مادة في أعين دارسيها مرتبطة بتقويمها وبزِنَة هذا التقويم في النّجاح في الامتحانات، فما لا يقوّم من المعارف يفقد قيمته كما هو معلوم. ويبدو بأنّ هذا الأمر قد أُخذ في الحسبان فزنة تقويم مادة الكيمياء قد زادت في السنوات الأخيرة. ومن علامات الاهتمام المتزايد بالكيمياء أيضا إدخالها منذ السّنة الأولى من التعليم المتوسط. لكننا نظل نعتقد بأنّ مكانة الكيمياء تحتاج إلى نظرة معمّقة لما لهذه المادة من بعد استراتيجي في تنمية اقتصاد البلاد. ولعله يكون من المناسب في هذا السياق اقتراح فتح مدرسة عليا للعلوم الكيميائية تكون حاضنة للنخب المستقبلية للجزائر في هذا المجال.



"إنّ إفراد مادة الكيمياء بأستاذ متخصص كما هو جار به العمل في جل البلاد مطلب قديم لكثير من الكيميائيين في الجزائر، ولكن ذلك مقرون بتغيير جذري لتدريس العلوم والربط بينها في إطار نظرة جديدة متكاملة لتدريس العلوم في مرحلة التعليم الثانوي"

السؤال 8: المناهج السّارية المفعول في المدارس العليا للأساتذة اليوم هي تلك التي وضعت منذ عقدين. كيف ترون إعادة النظر في هذه المناهج؟ وهل تعتقدون أن هناك ضرورة إصلاح شامل لهذه المدارس؟

الجواب: إذا كانت المناهج سارية المفعول منذ عقدين فهي لا شك في حاجة إلى تحيين، وأساتذة المدرسة وباحثوها هم أدرى منّا، كل في حقل اختصاصه، بما ينبغي أن يضاف أو يحذف لمواكبة التطورات الحادثة في ميادين البحث العلمي والتعلمياتي والبيداغوجي.

ولعلنا نستطيع في هذا السّياق لفت النظر إلى إمكان إيجاد صيغ ربط جديدة بين مادتين، البيولوجيا والكيمياء مثلا، في توفيقة مبدعة ينتج عنها ملمح جديد. أَفَلَيْس الجديد، كما يقال، إلّا حاصل لقاء قديمين؟

وبودّنا، دائما في نفس السّياق، لفت النظر أيضا إلى ضرورة تزويد كلّ طلاب المدرسة -فضلا عن تكوينهم المتين في مواد تخصصهم- بما يمكّنهم من التحكّم في استعمال كل تقنيات التواصل الحديثة تحسّبا لما سينعكس منها حتما على التعليم وذلك لتحفظ العلاقة المعلم-المتعلم، توازنها.

"ولعلنا نستطيع لفت النظر إلى إمكان إيجاد صيغ ربط جديدة بين مادتين، البيولوجيا والكيمياء مثلا، في توفيقة مبدعة ينتج عنها ملمح جديد. أَفَلَيْس الجديد، كما يقال، إلّا حاصل لقاء قديمين؟ "

السؤال 9: نودّ منكم كلمة خاصة بالمدرسة العليا للأساتذة-القبة التي تحتفل هذه السنة بستينيتها (حيث أنشئت عام 1964).

الجواب: تصادف سنة 2024 إحياء الذكرى الستين لإنشاء المدرسة العليا للأساتذة بالقبة القديمة، ولعله من أوّل ما يليق بالمقام إزجاء عبارات خالص العرفان لمن كان لهم من بين الأساتذة فضل السبق في التفكير غداة الاستقلال في مشروع إنشاء مدرسة عليا لتكوين أساتذة التعليم الثانوي العام (العلوم والآداب) في الجزائر، ومن بينهم السيدين زهير إحدادان (1929-2018) وأحمد حميد بن سالم (1908-1973)، رحمهما الله، اللذين أثمرت جهودهما فتوجت -بناء على تقرير من وزارة الإرشاد القومي آنذاك -بإصدار المرسوم الرئاسي 64-134 بتاريخ 24 أفريل 1964 الذي بمقتضاه أنشئت "مدرسة عليا للمعلمين" بالقبة (العاصمة الجزائر). ولقد سميت هذه المدرسة بـ Ecole normale supérieure- وشاع اسمها بالعربية بالمدرسة العليا للأساتذة.

ولعلّنا لا نجانب الصواب إن نحن وصفنا هذه المدرسة بأمّ المدارس العليا لتكوين أساتذة التعليم الثانوي، وليس مردّ ذلك إلى العامل التاريخي وحده بل لأن العديد من المؤسسات الجامعية التي تنضوي اليوم تحت هذا الاسم، بل وحتّى بعض الجامعات كانت في فترة زمنية فروعا للمدرسة العليا بالقبة.

وليس من باب الحلم الواهم أن ننتظر من مدرسة عليا كهذه، بثقلها التّاريخي وبما لديها من إمكانات واعدة، أن تكون في المستقبل القريب قطب امتياز وطنيا في مهامها الحالية، وأن تزداد انفتاحا على اللغات الأجنبية، وتكون سباقة في الإبداع البيداغوجي وأن تسعى لتكون رائدة في بعض مجالات البحث العلمي وأن توسّع، ما أمكنها ذلك، في مهامها. فالمستقبل للامتياز لا لما دون ذلك حسب توقّعاتنا. وليس لدينا من شك في أنّ القيّمين على المدرسة يدركون ذلك، وهم أعرف به منّا. وإني لواثق بأنّهم لن يدّخروا جهدا في سبيل خدمة مؤسستهم والرفع من شأنها.

"ولعلّنا لا نجانب الصواب إن نحن وصفنا المدرسة العليا للأساتذة-القبة بأمّ المدارس العليا لتكوين أساتذة التعليم الثانوي وليس مردّ ذلك إلى العامل التاريخي وحده بل لأن العديد من المؤسسات الجامعية التي تنضوي اليوم تحت هذا الاسم بل وحتّى بعض الجامعات كانت في فترة زمنية فروعا للمدرسة العليا بالقبة"

السؤال 10: هل لكم كلمة توجهونها لسلك المدرّسين في قطاع التربية الوطنية والتعليم العالي؟

الجواب: نعتقد بأنهم واعون كل الوعي بنبل مهمتهم وما ينتظره منهم مجتمعهم، ولئن قيل "اعطوني صحافة عظيمة وخذوا شعبا عظيما"، فإننا لا نتردّد في القول "اعطوني منظومة تربوية عظيمة وخذوا شعبا عظيما" مع الملاحظة بأن مهمة التعليم هي من المهام التي تزداد صعوبة يوما بعد يوم مع تطوّر تكنولوجيات الاتصال والذكاء الاصطناعي. وفقهم الله وإيانا.

****

من المناقشات الأولى لرسائل الماجستير باللغة العربية في المدرسة

صورة تذكارية لأعضاء لجنة مناقشة الماجستير في اختصاص البيولوجيا عام 1992 للطالب خالد دريهم (أقصى اليسار) الذي تولّى بعد ذلك رئاسة قسم العلوم الطبيعية بالمدرسة، ثم رحل للتدريس في بريطانيا. ويظهر مع أعضاء اللجنة مدير المدرسة ومدير الدراسات العليا آنذاك.

* يظهر في الصف الأمامي (من اليمين إلى اليسار):
- ناصر بلعلوي (حاليا، باحث في الولايات المتحدة)،
- عبد الكريم كاملي (أستاذ البيولوجيا بالمدرسة)،
- محمد الطيب سعداني (مدير المدرسة، آنذاك).

* وفي الصف الخلفي، يظهر:
- العربي لعروس (جامعة سطيف، متقاعد)،
- مسعود بوجنيبة (من قسم البيولوجيا بالمدرسة، ورئيسه الأسبق، متقاعد)،
- العراقي الأصل عباس الجمالي (أستاذا لبيولوجيا بالمدرسة، الآن في جامعة إربد الأردنية، متقاعد)،
- جيلالي بلعيّاط (من قسم الرياضيات بالمدرسة، كان مديرا للدراسات العليا آنذاك، متقاعد).

عرض الكتاب

عرض كتاب

كاهن الطبيعة: العوالم الدينية لإسحاق نيوتن

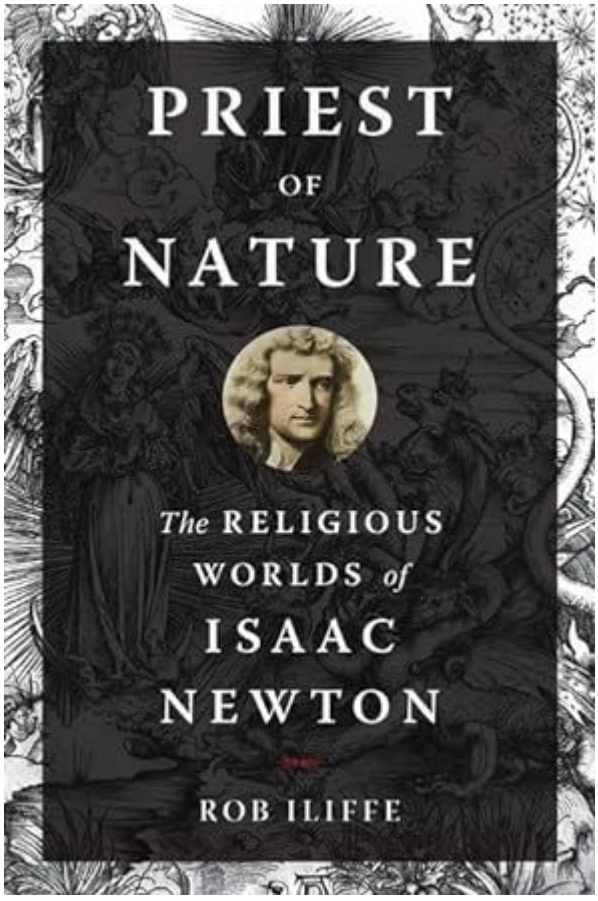
Priest of Nature : The Religious Worlds of Isaac Newton

تأليف: روب إليفي Rob Iliffe

عرض: جمال ضو

أستاذ بقسم الفيزياء، كلية العلوم الدقيقة، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي

djsdou@yahoo.com



مقدمة

في كتابه الشهير حول أعظم مائة شخصية وأكثرها تأثيرًا في تاريخ البشرية، وضع الكاتب الأمريكي مايكل هارت (Michael Hart) الرسول محمد صلى الله عليه وسلم على رأس القائمة كالشخصية الأعظم والأكثر تأثيرًا، ثم اختار بحسب المعايير التي وضعها، إسحاق نيوتن (Isaac Newton) كثاني أعظم شخصية مباشرة بعد رسول الله، متقدمًا على عيسى المسيح عليه السلام. وبالعودة إلى هذا الكتاب أو غيره من المؤلفات التي تناولت شخصية نيوتن وما يعلمه أغلب

الناس عن هذه الشخصية، فإن الكل يُجمع أن نيوتن بلغ ما بلغه من شهرة ومكانة في تاريخ البشرية نتيجة مساهماته الفريدة في وضع أسس الفيزياء، بل كثيرًا ما يسمى أبو الفيزياء، بالإضافة إلى مشاركته لايبنتز (Leibniz) في وضع أُسس التفاضل في الرياضيات. ويمكن القول إنه بالرغم من الثورتين اللتين أحدثتهما النسبية وميكانيكا الكم في فهمنا للظواهر الفيزيائية إلا أن تأثير المفاهيم التي وضعها نيوتن لا يزال إلى يومنا هذا إما يحكم إدراكنا للظواهر الطبيعية وتفسيرها أو يشوش عليها.

ويعتبر كتاب نيوتن الشهير Principia من أعظم وأهم الكتب عبر التاريخ ومن أكثرها تأثيرًا، حتى وإن لم يعد يُقرأ اليوم من قِبل الفيزيائيين عمومًا، ففيه وُضعت المبادئ والأفكار التي قامت عليها الفيزياء الحديثة عبر مراحل وقفزات متعددة وحلقات متواصلة من مساهمات أعظم العلماء الذين خلّدهم التاريخ بدرجات متفاوتة خلال الأربعة قرون الماضية. إلا أن القارئ غير المطلع بما يكفي قد يُفاجأ إذا علم أن اهتمام نيوتن بالفيزياء والرياضيات وانشغاله بهما لم يشكلا على الأرجح إلا جزءًا من اهتماماته وانشغالاته الفكرية، وربما ليس الجزء الأكبر منها. فبعد الشهرة والمكانة العلمية الفريدة التي حظي بها نيوتن في بريطانيا وأوروبا، تطلّب الأمر ردحًا من الزمن بعد وفاته حتى بدأت بعض آرائه ومواقفه من الديانة المسيحية تخرج إلى العلن وببطء، وبالأخص موقفه من عقيدة "التثليث".

في الحقيقة، شخصية نيوتن هي أربع شخصيات في شخصية واحدة معقدة. فهو عالم فيزياء ورياضيات، وبإنجازاته فيهما نال شهرته وكان له أكبر الأثر. أما الشخصية الثانية فهي عضويته في البرلمان البريطاني ممثلًا عن جامعة كامبريدج وتقلده منصب حارس أو حافظ صك العملة الملكية، وهو المنصب الذي تقلده لثلاثين سنة وناله لمهاراته غير العادية في كشف تزوير العملة لخبرته في المعادن والكيمياء. أما الشخصية الثالثة فهي شخصية الباحث في الخيمياء، والتي كانت له فيها مؤلفات وأبحاث كثيرة أغلبها لم ينشر أثناء حياته. أما الشخصية الرابعة فهي شخصية الباحث في علم اللاهوت والكتاب المقدس، كمجدد وباحث في تاريخ المسيحية وكنيستها وكاهن من طراز خاص جدًا.

مثلما أشرنا، فإن شخصية نيوتن وآراءه الدينية وموقفه من المسيحية ومفهوم التثليث لم تصل إلى العامة وبقيت حكرًا على دوائر ضيقة إلى منتصف القرن العشرين، حيث بدأ قلة من المهتمين بتاريخ العلوم يولون بعض الاهتمام لكتابات وآراء نيوتن الدينية. السبب الرئيس في تأخر الاهتمام بآراء ومواقف نيوتن الدينية يعود إلى أن كتاباته وملاحظاته في هذا الشأن لم تُنشر، وأبقاها نيوتن حبيسة الأدراج أو شارك بعضها مع دائرة ضيقة من أصدقائه الذين يشاركونه الاهتمامات نفسها. ولهذا فهي لم تحظ بالاهتمام الذي تستحقه من طرف الخاصة في البداية، ولثلاثة قرون ساد الانطباع أن كتاباته غير العلمية لم تكن ذات أهمية. ففي سنة 1872 قرر الأيرل الخامس لعائلة بورتسموث (Portsmouth) التبرع بأعمال نيوتن العلمية إلى مكتبة جامعة كامبريدج، وبعد عقدين من التصنيف والفحص للمادة المستلمة تم الاكتفاء بالكتابات العملية لنيوتن وأعيد الباقي إليه. ولهذا عندما قام مؤرخون في الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي بفحص مجموعة بورتسموث في كامبريدج، لم يقفوا إلا على ما يكشف عن عبقريته العلمية.

في سنة 1936 تمكّن الباحثون من الولوج إلى مقالات نيوتن في الخيمياء بعد أن بيعت في مزاد سوذبي (Sotheby) على اعتبار أنها من المخلفات غير العلمية لأرشيف نيوتن، والتي كان من ضمنها عدد قليل من مخطوطات وملاحظات نيوتن الدينية. هذه المخطوطات انتهى بها المطاف في كلية الملك (King's College) بكامبريدج، بينما كان جزء مهم من مؤلفات نيوتن الدينية تحت وصاية نيو كوليج (New College) بأكسفورد منذ نهايات القرن التاسع عشر.

أما الجزء الأعظم والجوهري من مؤلفات ومقالات نيوتن الدينية، فقد اشتراها الباحث واللغوي وجامع المخطوطات اليهودي-الفسلطيني إبراهام شالوم يهودا (Abraham Yahuda) من مزاد سنة 1936. ويبدو أن يهودا كان الأول الذي أدرك الأهمية الكبرى لمؤلفات نيوتن الدينية. بعد معركة قضائية مطولة بين ابن أخ يهودا والجامعة العبرية،

وصلت هذه المؤلفات والمخطوطات الدينية إلى القدس سنة 1967، ووُضعت في متناول الباحثين سنوات فيما بعد. هذه المخطوطات هي الآن موجودة في المكتبة الوطنية للكيان الصهيوني (انظر الملاحظة (1)).

لهذا فإن فترة الستينيات من القرن الماضي شهدت بدايات التحول في النظرة الأكاديمية تجاه أهمية أعمال ومساهمات نيوتن في المجال الديني. الفضل في هذا التحول يعود بالأساس إلى عملين ساعدا على تغيير وجهة نظر الأكاديميين والمؤرخين حول الحياة الفكرية لنيوتن. العمل الأول هو كتاب فرانك مانويل (Frank Manuel)، والذي صدر سنة 1963 بعنوان "Isaac Newton: Historian"، والعمل الثاني هو كتاب لم يكن له في الواقع علاقة مباشرة بنيوتن بل بالإيطالي جوردانو برونو (Giordano Bruno) للمؤرخة فرانسيس ييتس (Frances Yates). هذان الكتابان، وإن كانا أماطا اللثام عن جزء من اهتمامات وآراء نيوتن الدينية وأبحاثه وضرورة أن يعاد النظر في تفسيرها وقراءتها، لم يكونا الأولين في الإشارة إلى آراء نيوتن الدينية، ولكن تزامنهما مع سهولة الوصول إلى مخطوطات نيوتن الدينية فتح الباب أمام كتب ودراسات أخرى حول مساهمات نيوتن الدينية. وفي هذا السياق يأتي كتاب "**نيوتن كاهن الطبيعة، العوالم الدينية لإسحاق نيوتن**" للمؤرخ روب إليفي الذي صدر سنة 2017 عن مطبوعات أكسفورد، والذي نود أن نقدم نبذة عنه للقارئ.

1. المؤلف والكتاب في سطور

روب إليفي هو أستاذ تاريخ العلوم بجامعة أكسفورد، ومدير مشروع نيوتن لحوالي عقدين. مشروع نيوتن هو مشروع انطلق في ثمانينيات القرن الماضي، ويعكف على دراسة مخطوطات نيوتن ووضعها في متناول الباحثين على الإنترنت مع تعليقات وشروحات.

هذا الكتاب هو حصيلة جهود كبيرة ومستمرة قام بها هذا الباحث، بداية من فترة إعداده لرسالة الدكتوراه في الثمانينيات حول آراء ومقالات ومساهمات نيوتن الدينية، وتمتد إلى فترة رئاسته مشروع نيوتن بجامعة أكسفورد من 1998 إلى 2015، ليصبح من أهم المختصين الأكثر إلمامًا واطلاعًا على حياة ومساهمات نيوتن الدينية.

الكتاب من ناحية الشكل جاء في حوالي 500 صفحة، منها حوالي مئة صفحة خُصصت للهوامش والملاحظات والمراجع. قسم الكتاب إلى 12 فصلًا، غطت كل مساهمات وآراء نيوتن الدينية وحياته وعلاقته الإنسانية المرتبطة بالأساس بشخصيته منذ طفولته إلى مراحل حياته المختلفة، بناءً على شهادات ومخطوطات ومقالات لنيوتن نُشرت أو كُشف عنها حديثًا وبعضها نُشر خلال عقود ماضية.

2. نيوتن الكاهن: مصلح أم ثائر صامت

مثلما ألمحنا سابقًا، آراء نيوتن ومواقفه الدينية وشخصيته المتدينة جدًا بدأت تتداول في بعض الأوساط عقودًا قليلة بعد وفاته، ولكن في الواقع كان أغلب زملاء نيوتن والمقربين منه في كلية ترينيتي (Trinity College) على علم بأنه كان دارسًا استثنائيًا وجادًا للدين. كما أن سلوكه الظاهر كان يُبين عن شخص مسيحي متدين وورع. فلقد كان نيوتن عضوًا ملتزمًا في الكنيسة البريطانية ويتعبد بشكل منتظم وعلني في كنيسة الجامعة. وبحسب شهادة ابنة أخته غير الشقيقة كاثرين كوندويت (Catherine Conduitt)، كان نيوتن يشعر بالغضب والاستياء كلما سمع سخرية من الدين، وخاصة من طرف صديقيه العالم ريتشارد بنتلي (Richard Bentley) والفلكي الشهير إدموند هالي (Edmond Halley). كما قطع نيوتن علاقاته بصديقه الكيميائي فرانسيس فيجاني (Francis Vigani) بسبب نكتة ساخرة حول راهبة. فالدين كان بالنسبة لنيوتن ليس مجالًا للهزل والسخرية والتنكيت.

لكن سلوك نيوتن العلني والتزامه كمسيحي متصالح مع الكنيسة الرسمية كان في الحقيقة يخفي شخصية أخرى إصلاحية، وبل يمكن أن تعتبر ثورية ومعارضة لبعض الأسس التي قامت عليها العقيدة المسيحية، وهذه الشخصية هي محور كتاب " نيوتن كاهن الطبيعة".

فبالعودة إلى مخطوطات وملاحظات وكتابات ومراسلات نيوتن مع بعض أصدقائه حول عقيدة التثليث، يتبين أن نيوتن كان يعتقد بأن عقيدة التثليث المركزية في المسيحية كانت مجرد عملية تزوير شيطانية، وأن كل المسيحية المعاصرة تم تدنيسها بهذا الاعتقاد. فالمسيح، ابن الله، لم يكن بأي شكل من الأشكال مساويًا للإله أو الرب الأب، بالرغم من أن المسيح كان مقدسًا بحد ذاته ويستحق العبادة بدرجة أقل، فاستحقاق العبادة بالنسبة لنيوتن مسألة نسبية. كما أن شكوك نيوتن في أصول عقيدة التثليث جعلته يصل إلى فقدان الثقة بأفعال المسيحيين الذين أسسوا لهذه العقيدة ألف سنة قبله. بل إن أبحاث نيوتن المستفيضة حول تاريخ المسيحية وأصولها كانت قائمة على فرضية أن إدخال عقيدة التثليث وعدد من الاعتقادات والمسارات الدينية، التي شكلت أسس الكاثوليكية المسيحية، مثلت أكبر وأبشع مؤامرة تاريخية أدت إلى إفساد الدين الحقيقي في صلبه. والسبب، بحسب نيوتن، يعود إلى أن لدى البشر ميولًا نحو الخرافات والغموض والممارسات الوثنية من عبادة البشر والحيوانات والنجوم. هذه الطبائع البشرية لطالما استغلها الكهنة المخادعون والملوك لإبعاد الناس عن عقيدة التوحيد ودفعهم نحو تمجيد ثم عبادة الأموات من البشر.

بالنسبة لنيوتن، فإن جوهر المسيحية هو أنها إيمان بسيط. لتكون مسيحيًا يجب عليك فقط أن تؤمن بأن عيسى هو المسيح الذي تم التبشير به في العهد القديم، وأنه ابن الله الذي مات مصلوبًا وأعيد بعثه في اليوم الثالث. كما أن كونك مسيحيًا ليس مرتبطًا بدرجة أولى بتبني ما يُزعم أنها عقيدة صحيحة، بل بأن تحكم أفعال المرء المبادئ الأخلاقية للمسيحية. ولهذا، فبحسب نيوتن، فإنه كونك مسيحيًا هو أمر صعب ويحتاج مقاومة ومحاربة للمغريات الخارجية والنفس. ففي أحد مقالاته الأخيرة حول نوع العبادة التي ينبغي للكنيسة البريطانية أن تسمح بها، جادل نيوتن بأنه عليها أن تطلب من أعضائها إنكار الوثنية والتباهي والشهوة والفحش، وأن يحافظوا على الوصايا العشر.

المسألة التي شغلت نيوتن أكثر وأخذت ما يقارب نصف قرن من العمل والاهتمام والبحث هي نشأة وتطور عقيدة التثليث وتاريخ الكنيسة. وهنا ينقلنا الكاتب عبر تطور آراء نيوتن وأبحاثه وكتاباته بحسب أحدث ما توفر من مخطوطات ورسائل لنيوتن. يلاحظ المرء أنه كان لنيوتن مواقف مختلفة ومتطورة من كل ركن من أركان هذه العقيدة التي وردت في النصوص الأولى من التسعة وثلاثين نصا الحاكمة للكنيسة البريطانية.

بالنسبة لنيوتن ركن "أن الله هو الواحد الرب الحقيقي وأزلي وغير المادي والقادر ولا متناهي الحكمة والخيّر والخالق وحافظ كل شيء والظاهر والباطن"، هو ركن مقبول. أما ما يرفضه نيوتن فهو ما جاء في بقية النص الأول من أن: هذا الإله هو نتيجة وحدة ثلاث شخصيات، بحيث تصنع وحدتهم "جوهرًا واحدًا وقدرة وسرمدية".

أما الركن الثاني من عقيدة التثليث والذي جاء في النصين الثاني والخامس، فلم يقبل به نيوتن وخلص إلى الاعتقاد بأنه مفهوم شيطاني. فالنص الثاني يحدد مفهوم المسيح على أنه "الابن كلمة الله، وأنه حقيقة مولود الأب من المادة الأبدية نفسها، بالرغم من أنه ورث طبيعة البشر من مريم العذراء، وهاتان الطبيعتان توحدتا بشكل غير مرئي لتشكلا شخصًا واحدًا، والذي منه كان المسيح، إلهًا حقيقيًا وبشرًا حقيقيًا".

أما بخصوص الروح القدس، فلم يول نيوتن اهتمامًا كبيرًا لهذا الركن، ولكن الشاهد أن موقف نيوتن كان رفضًا واضحًا لمفاهيم مفتاحية للمسيحية التقليدية والتي تضفي وحدانية قدرة وجوهر بين الشخصيات الثلاث التي تقوم عليها عقيدة التثليث.

3. نيوتن صاحب رسالة تصحيحية

ما يكشفه كتاب "نيوتن كاهن الطبيعة" هو إيمان نيوتن بأنه ليس مجرد شخص عادي، بل صاحب رسالة تصحيحية ولديه دور خاص ليلعبه من أجل تحديد الدين الحقيقي واسترجاع شكله الأصلي. فبرأي نيوتن، محاولات الإصلاح السابقة لتطهير المسيحية من وثنيتها وما علق بها من عناصر دخيلة لم تكن ناجحة إلا جزئيًا، وأن شكلًا أكثر أصالة للدين يجب أن يُستعاد، وهذه مهمة المصلحين الذين لديهم صفات وميزات خاصة. فدوافع المصلحين لا يجب تكون ناتجة عن مجرد اهتمامات أو لأجل التعلم أو بدافع من سلطة بشرية، بل إن المصلحين هم من أولئك الذين أخلصوا أنفسهم للبحث عن الحقيقة وتجنبوا الكذب والفحش والتباهي والسرقة ولا تحركهم أي غايات دنيوية.

بل إن نيوتن يذهب أبعد من ذلك ليعتبر نفسه - وإن لم يكن بشكل صريح بل ضمنيًا - في مهمة لا تكاد تختلف عن مهمة الأنبياء. فهو يرى أن الأديان كانت دائمًا عرضة للتشويه والتحريف، وكان الأمر يحتاج لأنبياء ورسل بشكل دوري لاستعادة الدين الحق. وفي هذا الإطار جاءت مهمة إبراهيم وموسى والمسيح نفسه الذي أُرسل حسب نيوتن لاستعادة الدين الصحيح.

ما يسلط عليه الكاتب الضوء أيضًا في ثنايا الكتاب ويبرزه هو تمييز نيوتن بين منهج مقاربة القضايا العلمية (الفلسفة الطبيعية) ومقاربة الأديان أو القضايا العقائدية. ففي مقاربته للقضايا العلمية وضع نيوتن خطًا فاصلًا بين ما يمكن برهانه رياضياتيًا بيقين وما يمكن اعتباره مجرد حدس أو فرضية (مثل نظم أرسطو وديكارت وكل ما يفتقد لدليل أو شواهد تجريبية). أما في مقاربته للقضايا والمسائل الدينية، فإن نيوتن يؤكد أنه وبالرغم من عدم إمكانية إثبات الحقائق الدينية، إلا أنه يجب التمييز بين ما هو مكتوب حقًا في الكتاب المقدس وما تم إضافته نتيجة للترجمة الخاطئة أو الإضافات البشرية المتعمدة. لهذا، فإن نيوتن بذل جهدًا كبيرًا في محاولة التمييز والتصحيح والفرز، مقدّمًا رأيه في أكثر القضايا حساسية، مثل العقاب والخطيئة والروح والبعث، إلخ. كما استثمر معارفه العلمية وقدراته التقنية الاستثنائية ليعيد النظر في تاريخ الكنيسة وترتيب الأحداث الواردة في أناجيل الكتاب المقدس.

4. هل كان نيوتن موحدا؟

السؤال الذي قد يطرحه أي قارئ وُيتداول كثيرًا، خاصة في أوساط المهتمين المسلمين، هو: هل كان نيوتن موحدًا فعلا؟

في الحقيقة، من الصعب أن نجد إجابة واضحة في هذا الكتاب أو في غيره من وجهة نظرنا، ولهذا نترك الأمر للقارئ ليحكم بنفسه. ولكن نشير إلى أنه من خلال قراءة متأنية لآراء نيوتن أو طريقة تقديمها من الكاتب، فإن نيوتن بقي يضفي نوعًا من القدسية على المسيح ويرفعه فوق مقام الأنبياء والرسل، ويجعله مستحقًا لنوع من العبادة، بالرغم من أنه في الوقت نفسه جعل مهمة المسيح مثلما أشرنا من مهمة موسى وإبراهيم وغيرهم من الرسل الذين بُعثوا لاسترجاع العقيدة والدين الصحيحين! من ناحية أخرى، خلص نيوتن في أحد كتاباته إلى أن "يهوه هو الإله الوحيد" (يهوه هو اسم الله في التوراة والعهد القديم)، ولكن مثلما أشرنا، فإن هذه الإشارة وحدها لا تكفي لأن نطلق على نيوتن موحدًا، على الأقل من منظور فهم المسلمين للتوحيد.

فنيوتن، وبالرغم من إدراكه حجم التزوير والتعديل والاختلاق الذي حصل في الكتب المقدسة، كان مصدره العقائدي ومنطلق نقاشه لمفهوم عقيدة التثليث ومدى تناسقها مع العقيدة الصحيحة هو الكتب والنسخ المختلفة للكتاب المقدس (العهد القديم، التوراة، الإنجيل). ولهذا، فليس من المستغرب أن تبقى آراء نيوتن غير حاسمة في هذه المسألة، بل ربما متناقضة تناقض هذه النصوص. ففي نصوص الكتاب المقدس(الأناجيل)، نجد أن المسيح هو كلمة الله وروح منه، مثلما جاء في القرآن الكريم، ولكن في تفاسير ونصوص أخرى يتغير المفهوم، نتيجة الترجمة والتحريف وسوء التفسير،

ليرفع إلى مراتب أخرى ويصبح جزءًا من الإله. وربما طريقة تناول نيوتن لقصة عبادة بني إسرائيل للعجل وعودتهم السريعة إلى الوثنية بعد ذهاب موسى إلى الجبل للقاء ربه، تعطي صورة عن صعوبة الوصول إلى الحقيقة انطلاقًا من نسخ الكتب المقدسة. فنيوتن اعتمد على نصوص توراتية محرّفة تقول إن العجل من صناعة هارون عليه السلام، ولا يجد فيها المرء ذكرًا للسامري. ولهذا فإن نقاش الكهنة والعلماء ومن بينهم نيوتن لمسألة غضب موسى عليه السلام من أخيه هارون ومدى مسئولية هذا الأخير عن انحراف بني إسرائيل كانت قائمة على رواية خاطئة تنسب فعل صناعة العجل إلى هارون.

ربما ما يمكن أن نخلص إليه هو أن أحد أسباب عدم نشر نيوتن لكتاباته وآرائه الدينية لم يكن فقط خشيته من عقوبة الكنيسة وما قد يترتب على ذلك، بل قد يكون لقناعته أن آراءه وخلاصة أبحاثه ليست بالصورة المكتملة التي تستحق أن يعلن عنها وينشرها.

الخاتمة

بالرغم من أن كتاب "نيوتن كاهن الطبيعة" ليس الأول الذي سلط الضوء على حياة وأفكار نيوتن ومقالاته وآرائه الدينية، إلا أنه يُعتبر الكتاب الأحدث والأكثر إلمامًا ومنهجية في التعرض لهذا الموضوع، معتمدًا بالأساس على أحدث ما نُشر من مخطوطات ومقالات نيوتن خلال هذا القرن. كما ينقلك الكاتب إلى تاريخ تشكل الكنيسة المسيحية وصراعاتها ومساهمات العديد من المصلحين والعلماء والكهنة عبر التاريخ، وما ساد من آراء حول التثليث في الكتب المقدسة، ليس فقط في العهد الذي تلا المسيح عليه السلام، بل من عهد الإغريق أيضًا. لهذا فالكتاب يعتبر مرجعًا موسوعيًا يكاد يغني المهتم عناء الاطلاع على ما كتب سابقًا في هذا الشأن.

إن هذا الكتاب وغيره مما نُشر من مخطوطات وكتابات يكشف أن نيوتن لم يكن فقط أحد أعظم علماء الطبيعة الذين عرفتهم البشرية، أو أعظمهم، بل كان مفكرًا وعالم دين ومصلحًا، ربما ثوريًا، قل نظيره، بل فيلسوفًا عمليًا وعميقًا. وربما لو نُشرت مقالاته وآراؤه وتسربت إلى العامة أثناء حياته لكان لها الأثر العميق في مسار الديانة المسيحية، ولكن جو اللاتسامح من طرف الكنيسة الذي عاش خلاله نيوتن، وأيضًا شخصية نيوتن نفسها التي كانت تتميز بالريبة والشك والغموض وعدم الرغبة في نشر أغلب آرائه وكتاباته - بما فيها العلمية - حولت مساهماته الدينية الاستثنائية إلى مجرد أرشيف يعكس عظمة الرجل وتفرده من دون أي أثر ملموس على الحياة الدينية والكنيسة البريطانية والمسيحية بشكل عام.

****

ملاحظة على هامش العرض

قضية إبراهام شالوم يهودا والحكم القضائي الذي وضعت بموجبه إسرائيل اليد على تركة إبراهام يهودا من مخطوطات، والتي شملت بالإضافة أيضًا مجموعة من أندر المخطوطات الإسلامية العربية والعثمانية الثمينة في شتى أنواع العلوم، عمر بعضها عشرة قرون، قضية تحتاج شيئًا من التوضيح.

1) إبراهام شالوم يهودا هو يهودي-فلسطيني من أصول عراقية، وُلد وتلقى تعليمه الأولي في القدس، ليكمل تعليمه في ألمانيا وتستمر حياته بين ألمانيا وبريطانيا وإسبانيا وأخيرًا أمريكا كأستاذ باحث. وهو عالم موسوعي ونابغة في اليهوديات والتاريخ العربي الإسلامي، ولغوي متبحر وجامع نهم للمخطوطات. التقى في شبابه بتيودور هرتزل وحضر الملتقى الصهيوني الأول، ولكنه سرعان ما أعلن معارضته للمشروع الصهيوني واختلافه مع هرتزل ومشروعهم وابتعد عنهم، رافضًا مقاربة اليهود الأوروبيين لعلاقتهم بالعرب، معتبرًا إياها عدوانية وتتناقض مع

قناعته بضرورة التعايش وإحياء حقبة التعايش العربي-اليهودي في الأندلس التي مثّلت ليهودا النموذج الذي طالما حلم به. خلافه مع الصهاينة الأوروبيين أو الأشكناز ومقاربتهم أدت إلى اتهامه من قِبلهم بأنه يريد أن يذيب الثقافة اليهودية في الثقافة العربية. كما ألّف يهودا كتابًا بعنوان "محاكمة أخطاء الدكتور وايزمان" صدر سنة 1952، ردًّا على كتاب وايزمان أول رئيس للكيان الصهيوني، "المحاولة والخطأ". أما علاقته مع الفلسطينيين من مسلمين ومسيحيين والعرب عمومًا، فربما تلخصها من ناحية قصيدة الشاعر معروف الرصافي التي كتبها مدحًا في إبرهام يهودا بعد محاضرته عن العصر الذهبي لليهود في الأندلس كنموذج للتعايش والتي ألقاها سنة 1920 في القدس. وفي المقابل نجد قصيدة هجاء وديع البستاني ليهودا ومعروف الرصافي، فوعد بلفور كان حاضرًا في أفئدة كثير من المثقفين العرب حتى قبل قيام إسرائيل.

2) قبل وفاته بسكتة قلبية مفاجئة، كان يهودا قد جمع ما بقي من مقتنياته من مخطوطات (كان قد باع جزءًا من المخطوطات الطبية العربية للجيش الأمريكي والبعض الآخر لجامعات أمريكية)، دون أن يحدد الوجهة التي كان سيهبها هذه التركة. زوجة يهودا التي ورثت التركة تم إقناعها (بحسب الرواية الإسرائيلية) بأن تترك وصية تهب بموجبها التركة للجامعة العبرية تكريمًا لإسرائيل، لكنها توفيت بعد ثلاث سنوات ولم تكتب هذه الوصية! بعد وفاة زوجة يهودا، رفض ابن أخ يهودا أن يهب هذه التركة للجامعة العبرية. وهنا دخلت القضية ساحات المحاكم لتنتهي بعد سنوات في المحكمة العليا التي قضت سنة 1966 بأن التركة من حق الجامعة العبرية بحكم أن زوجة يهودا سبق وأن عبّرت علنًا عن نيتها وهب تركة زوجها من المخطوطات للجامعة العبرية. وبهذه الطريقة المريبة في الواقع، وضع الكيان الصهيوني يده على أحد أهم وأثمن وأندر المخطوطات العربية الإسلامية، بلغ عددها 1400 مخطوطة، حيث اعتبرتها المكتبة الوطنية الإسرائيلية أثمن ما حصلت عليه المكتبة في تاريخها. هذه القضية وشخصية إبراهام يهودا نرى أنهما بحاجة للبحث والدراسة وتسليط الضوء عليهما من طرف المهتمين بتاريخ العلوم العربية الإسلامية.

مؤلف الكتاب روب إليفي Rob Iliffe