

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا للأساتذة - الشيخ محمد البشير الإبراهيمي

القبّة - الجزائر



مجلة بشار العلوم

فصلية، ثقافية، علمية، تكميلية

تصدرها المدرسة العليا للأساتذة، الشيخ محمد البشير الإبراهيمي

القبّة - الجزائر

العدد 7 : جويلية 2023

فهرس العدد 7

رياضيات

التعكس المخروطي	حمزة خليف
حول مفهوم الطريقة في الرياضيات ومشكلة اليقين !طريقة كافاليري نموذجاً	صادق بوروبي
اليوم العالمي للرياضيات 14 مارس	لخضر دلول

أحياء

الدهون المهدرجة: ما هي وما أضرارها على صحة الإنسان؟	عبد الكريم كاملي، يامنة زاوي، خيرة غلامي
تقييم معالجة مياه الصرف الصحي المعالجة وإمكانية إعادة استخدامها في مجال الري	ياسين راطة، عبد القادر دواوي

تاريخ وإبستمولوجيا

مفهوم التعليمية عند العلماء المسلمين في القرون الوسطى (1)	مهدي بن بتقة
من خلال عدسة الإسلام: "ما قبل تاريخ" النظارات، على ضوء بعض المصادر العربية (1)	فريد بن فغول
مفهوم الحرارة: مقارنة تاريخية وإبستمولوجية	زهرة دواوي، سيد علي ريان، جعفر جبالي

تعليمية وتربية

بؤس الفلسفة في المدرسة الجزائرية	الحسين صوالح محمد
ملاحظات حول صعوبات تدريس الظواهر الميكانيكية في الطورين المتوسط والثانوي في الجزائر، الجزء الأول: الصعوبات	عبد العزيز براح
صعوبات تعلم الرياضيات في مرحلة التعليم المتوسط (دراسة ميدانية)	عبد الرحمن بن بريكة

ذكريات

من ذكرياتي ... وقفات في مسار المدرسة العليا للأساتذة بالقبة (2)	محمد الطيب سعداني
---	-------------------

حوسبة

الحوسبة الصناعية: تعريفها ومجال تطبيقاتها	محمد التهامي
---	--------------

شخصية العدد

الأستاذ الدكتور مصطفى موالدي عميد معهد التراث العلمي العربي بحلب، سابقاً	تقديم: أبوبكر خالد سعد الله
---	-----------------------------

عرض كتاب

رياضيات جديدة مستوحاة من التحديات الصناعية	تحت إشراف: مايكل غنتر Günther وويل سشيلدرس Schilders عرض: أبو بكر خالد سعد الله
--	---

كلمة العدد

بصدور عددها السابع هذا، تجاوز عدد المواد المنشورة في **بشائر العلوم** 100 مادة، وهذا ما لم يكن يتوقعه عديد الزملاء. والجميل أيضا في ذلك أن كثيرا من تلك المواد تأتي من مختلف الجامعات الجزائرية فضلا عن مدرستنا، بل وبعضها وردنا من الخارج. وما نأسف له أن بعض الاختصاصات التي كنا نأمل في مشاركة أهلها (من المدرسة) تكاد تكون غائبة.

ومهما تقاعس الزملاء، فالرياضياتيون يظلون الأكثر التزاما ووفاء يمدوننا بإسهاماتهم القيّمة من جميع أنحاء الوطن، رغم أن العكس هو الذي كان متوقعا لكون الرياضيات أقلّ حضورا في ساحة الثقافة العلمية. فهذا مقال في الرياضيات يعرفنا هنا بمفهوم التعاكس المخروطي، وهو موضوع نادرًا ما نجده في كتب الرياضيات المدرسية. ومن لم يسمع بطريقة كافاليري ومشكلة اليقين فسيجد ضالته في ثاني مقال من هذا العدد. ثم إنه يبدو أن الكثير من الأساتذة والطلاب يغيب عنهم أن يوم 14 مارس أصبح يمثل، لدى منظمة اليونسكو وغيرها، اليوم العالمي للرياضيات. ولذا اخترنا هنا أن نذكّر بهذا اليوم لترسيخ فكرة الاحتفاء به.

وفي مجال الأحياء، تحدثنا عن أضرار الدهون المهدرجة على صحة الإنسان، وكذا عن تقييم معالجة مياه الصرف الصحي وإمكانية إعادة استخدامها في مجال الري. ولم نهمل في هذا المقام التاريخ وعلم المعرفة لأنهما يندرجان في صلب التربية والتعليم. وهكذا أوردنا شيئا من تاريخ العدسة والنظارات على ضوء بعض المصادر العربية، وسنواصل حديثنا حولها في العدد القادم. كما تطرق مقال آخر لمفهوم التعليمية عند العلماء المسلمين خلال القرون الوسطى، بينما قدم زملاء كيميائيون مقاربة تاريخية وإبستمولوجية لمفهوم الحرارة.

ولم نبتعد كثيرا عن المواضيع السابقة حيث واصلنا عرضنا لمواد هذا العدد بتقديم ملاحظات حول صعوبات تدريس الظواهر الميكانيكية في الطورين المتوسط والثانوي في الجزائر، مركزين على جانب الصعوبات. وبما أن الفلسفة جزء لا يتجزأ من كل علم فقد أبى أحد المتقاعدين من أساتذة هذه المادة إلا أن يتطرق لـ"بؤس الفلسفة" في المدرسة الجزائرية. ومن المواضيع التي تهم مباشرة أساتذة مرحلة التعليم المتوسط دراسة ميدانية لصعوبات تعلّم الرياضيات في هذه المرحلة.

ومن يريد الإلمام بالحوسبة الصناعية ومجال تطبيقاتها يمكنه التعرف على ذلك في مقال يلي ما سبق من المواضيع. وقد ختمنا باب المقالات بذكريات حول مدرستنا العريقة التي مضى على تدشينها 59 سنة.

وانتقلنا بعد ذلك إلى ركن "شخصية العدد" الذي قدمنا فيه الأستاذ السوري مصطفى موالدي، المتخصص في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، وكان قد شغل منصب عميد لمعهد التراث العلمي العربي بحلب (سابقا). ونتعرف من خلال استجوابه بوجه خاص على هذه الشخصية وعلى إنجازات هذا المعهد الفريد من نوعه في العالم العربي. أما في ركن عرض كتاب، فيتعرف القارئ في هذا العدد على كتاب "رياضيات جديدة مستوحاة من التحديات الصناعية" الذي أشرف على إصداره الأستاذان مايكل غنتر Günther وويل شيلدرس Schilders.

نأمل أن نكون بتقديم هذه المواضيع قد لبينا جزءا مما يرغب فيه قراؤنا الكرام، كما نهيب بأساتذتنا وبأبحاثنا أن يسهموا في ترقية المجلة من خلال مدّها بمواضيع في الثقافة العلمية يتطلع إليها قارئ **بشائر العلوم** وبالله التوفيق.

هيئة التحرير

طاقم المجلة

• المشرف العام

مديرة المدرسة : آيت محيوت لطيفة

• هيئة التحرير

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

مديرة التحرير: الأستاذة ليلي زيتوني (قسم الرياضيات)

• الإشراف التقني :

الأستاذ علي نصبة (قسم الإعلام الآلي)

المهندسة إيمان براهيم

رياضيات

التعكس المخروطي

حمزة خليف

أستاذ الرياضيات، متقاعد

hkhelif@gmail.com

مقدمة

التعكس الدائري قديم نسبياً، بالرغم من أنه لم يُعد يظهر في البرامج التعليمية منذ عدة عقود. هذا التحويل مجهول من جانب الكثير من ممارسي الرياضيات، مع أنه مصدر ثري للعديد من الجماليات الرياضية. نجد تطبيقاته المختلفة في ميادين شتى كالهندسة والميكانيكا وعلم الخرائط، على سبيل المثال لا الحصر. من خصائصه الجوهرية تحويل حركة دائرية إلى حركة مستقيمة (المرجع 4، الصفحة 692) [1]. من ناحية أخرى، يُعدّ التعكس بالنسبة إلى مخروطي غير الدائرة، جديداً تماماً، أمّا التعكس بالنسبة إلى منحن جبري أيّا كان فلم يُعرّف، على حدّ علمي، إلا منذ عهد قريب جداً [2].

نشير إلى أنّ محتوى هذا النص والرسومات الواردة فيه مأخوذة من المرجع 4. ونُنبّه أيضاً إلى أنّ مفهوم التعكس يمكن تعميمه إلى فضاءات ذات بعد أعلى وأنّ دراسته تسمّى الهندسة التعاكسية.

1. التعكس الدائري

لتكن $\omega(x_0, y_0)$ نقطة من المستوي $\mathbb{E}_2$ وليكن k عدداً حقيقياً غير منعدم. التعكس الذي مركزه أو قطبه ω وقوّته k هو التطبيق (الامتثالي أو الحافظ للزوايا (محلياً)) [3] $I_{(\omega, k)}$ من $\mathbb{E}_2 \setminus \{\omega\}$ في نفسه والذي يُرفّق بالنقطة M النقطة M' بحيث يكون

$$\overline{\omega M} \cdot \overline{\omega M'} = k \text{ و } M' \in (\omega M)$$

يُعرّف هذا الالتفاف (الالتفاف هو تقابل يساوي تقابله العكسي) في الإحداثيات الديكارتية بالعلاقين:

$$x' = x_0 + \frac{k(x - x_0)}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$

$$y' = y_0 + \frac{k(y - y_0)}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}.$$

يُمدّد التعكس $I_{(\omega, k)}$ إلى $\mathbb{E}_2 \cup \{\infty\}$ بإضافة العلاقتين

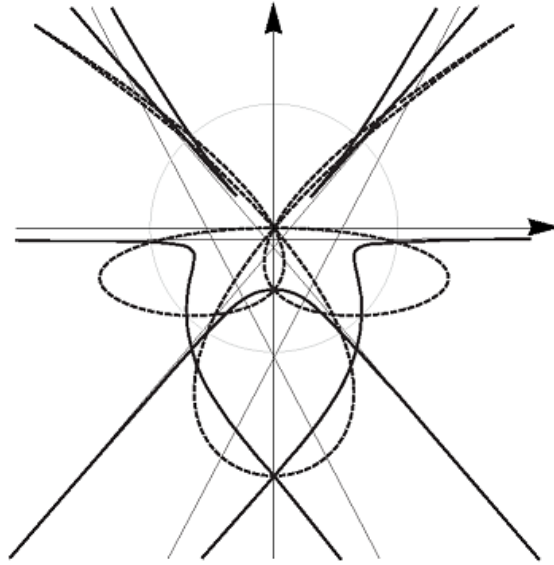
$$I(\infty) = \omega \text{ و } I(\omega) = \infty$$

أمثلة

- الدائرة $C(\omega, \sqrt{k})$ ، والتخليية إذا كان $k > 0$ ، ثابتة نقطة بنقطة؛ هذه هي دائرة التعكس. نقول إنّ $I_{(\omega, k)}$ هو التعكس بالنسبة إلى هذه الدائرة.
- المستقيمات التي تحوي القطب ω والدوائر بحيث تساوي قوة ω بالنسبة إليها العدد k (تشكّل هذه الدوائر شبكة [4])، والمتعامدة مع دائرة التعكس، ثابتة إجمالاً.
- معكوس دائرة لا تحوي القطب دائرة ومعكوس دائرة تحوي هذا القطب مستقيم [5].

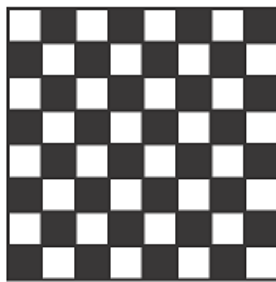
- إذن، معكوس دائرة معمّمة (المستقيم دائرة قطرها غير منته) دائرة معمّمة.
- معكوس قطع مكافئ منحن قلبي.
- معكوس قطع زائد هو فتيلة برنولي.
- معكوس منحن جبري من الدرجة n يقبل النقطتين الدوريتين كنقطتين من الترتيب p بالنسبة إلى قطب تعاكس من الترتيب q (بالنسبة إلى المنحني الأصلي) هو منحن جبري من الدرجة $2n - 2p - q$ ، يقبل النقطتين الدوريتين كنقطتين من الترتيب $n - p - q$ والقطب كنقطة من الترتيب $n - 2p$. [6]
- يمثل الشكل 1 (بالخط المستمر) معكوس المنحني (بالخط المتقطع) المحدّد بالتوسيط $x = \cos t + \sin 4t, y = \cos 2t + \sin 3t$

بالنسبة إلى دائرة الوحدة.



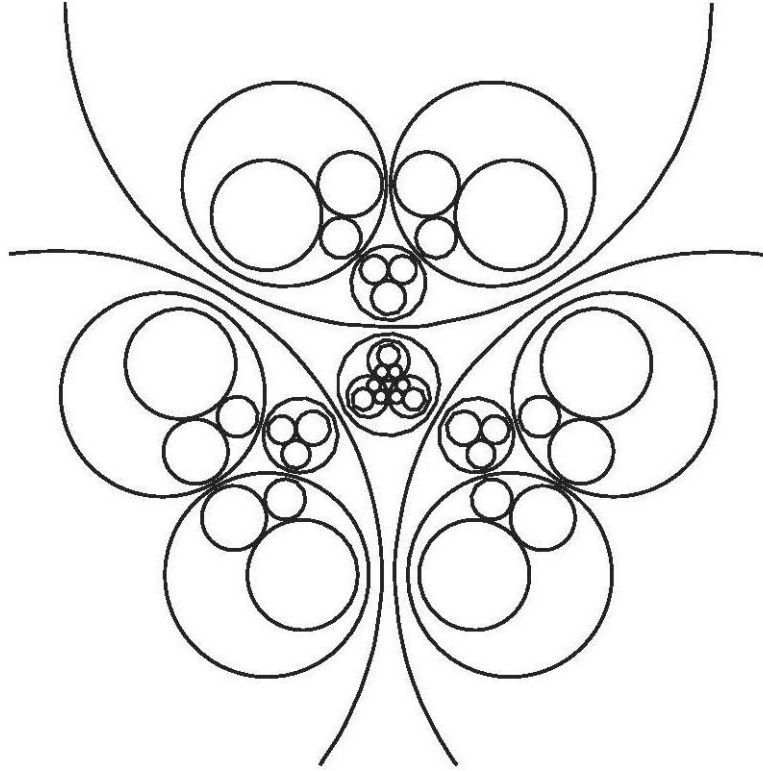
الشكل 1

- يوضّح الشكل 2 رقعة شطرنج مركزها النقطة $(0,0)$ وصورتها بتعكس قطبه $(0,0)$ وقوته عدد صغير [7]



الشكل 2

- يمثل الشكل 3 تعاكسا متكررا لمجموعة من الدوائر موزعة بانتظام حول المبدأ $(0,0)$ ودائرة متمركزة في هذا المبدأ لا تلتقي بها.

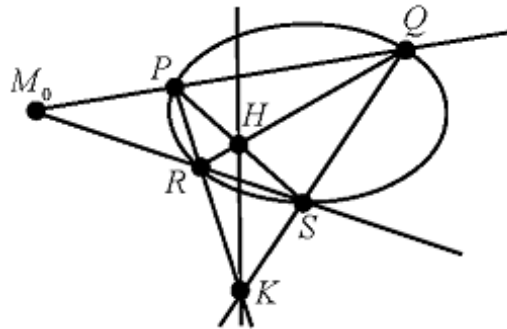


الشكل 3

2. التعكس بالنسبة إلى مخروطي

نعني هنا بالاسم "مخروطي" ما يسمّى تقليدياً "قَطْعاً مخروطياً" أي تقاطع مخروط ومستو. نُعطي أولاً التعريف العامّ للتعكس بالنسبة إلى مخروطي أيّا كان. ثم نتبع ذلك بتعريفه بشكل منفصل بالنسبة إلى كلّ من المخروطيات الفعلية الثلاثة. نذكر أيضاً أن مجموعة المرافقات [8] لنقطة M_0 بالنسبة إلى مخروطي فعليّ هي مستقيم يسمّى قطبيّ M_0 بالنسبة إلى هذا المخروطي.

يشمل هذا المستقيم نقطتي تماس المماسين (الحقيقيين أو غير الحقيقيين)، اللذين يشملان M_0 . إذا كان مستقيمان يشملان M_0 ويلتقيان بالمخروطي في P ، Q و R ، S ، فإن قطبيّ M_0 يشمل النقطتين K المشتركة بين المستقيمين (PR) و (QS) و H المشتركة بين المستقيمين (PS) و (QR) (الشكل 4). قطبيّ نقطة تنتهي إلى المخروطي هو المماس في هذه النقطة.



الشكل 4

يمكننا الآن تعريف التعاكس الذي قطبه ω بالنسبة إلى مخروطي $\mathcal{C}$ ، في المستوي $\mathcal{E}_2$ ، بأنه التطبيق من $\{\omega\} \setminus \mathcal{E}_2$ في نفسه والذي يُرفق بالنقطة M النقطة M' تلاقي المستقيم (ωM) مع قطبي M بالنسبة إلى $\mathcal{C}$.

ليكن المخروطي $\mathcal{C}$ الأكثر عمومية، أي المعرف بالمعادلة العامة

$$ax^2 + 2bxy + cy^2 + 2dx + 2ey + f = 0.$$

يُعرف قطبي (أو المستقيم القطبي ل) النقطة $M(\lambda, \mu)$ بالنسبة إلى $\mathcal{C}$ بالمعادلة

$$(d + a\lambda + b\mu)x + (e + b\lambda + c\mu)y + f + d\lambda + e\mu = 0.$$

يُستخلص من ذلك أن التعاكس بالنسبة إلى هذا المنحنى والذي قطبه $\omega(x_0, y_0)$ يُعرف بالعلاقين:

$$x' = -\frac{(f + dx + ey)(x - x_0) + (e + bx + cy)(-yx_0 + xy_0)}{(d + ax + by)(x - x_0) + (e + bx + cy)(y - y_0)},$$

$$y' = -\frac{(f + dx + ey)(y - y_0) - (d + ax + by)(-yx_0 + xy_0)}{(d + ax + by)(x - x_0) + (e + bx + cy)(y - y_0)}.$$

3. التعاكس الناقصي

لنفترض أن $\mathcal{E}_{a,b}$ هو القطع الناقص (أو الناقصي) في المستوي $\mathcal{E}_2$ والذي مركزه $O(0,0)$ ونصفا محوريه a و b . التعاكس الذي قطبه O بالنسبة إلى $\mathcal{E}_{a,b}$ هو التطبيق من $\mathcal{E}_2 \setminus \{O\}$ في نفسه والذي يُرفق بالنقطة M النقطة M' من نصف المستقيم (OM) بحيث يكون

$$\overline{OM} \cdot \overline{OM'} = OI^2.$$

أين I هي نقطة تلاقي (OM) مع القطع الناقص $\mathcal{E}_{a,b}$. تُسمى النقطة O مركز التعاكس أو قطبه و OI شعاعه أو نصف قطره. $\mathcal{E}_{a,b}$ هو القطع الناقص للتعاكس. إنه مجموعة النقط الثابتة بالنسبة إلى هذا التعاكس. معكوس النقطة M أي M' هو نقطة تلاقي المستقيم (OM) مع قطبي M بالنسبة إلى $\mathcal{E}_{a,b}$ [9] ولدينا

$$\overline{OM} \cdot \overline{OM'} = \frac{a^2 b^2 (1 + m^2)}{b^2 + a^2 m^2}$$

حيث m هو معامل توجيه المستقيم (OM) المُقاس من المحور الرئيسي للمخروطي. إذا كان m غير منتهٍ، يكون

$$\overline{OM} \cdot \overline{OM'} = b^2.$$

إذا كان القطع الناقص $\mathcal{E}_{a,b}$ معطى بالمعادلة

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$$

فإن التعاكس بالنسبة إلى $\mathcal{E}_{a,b}$ معرف بالآتي

$$(x, y) \mapsto \left(\frac{a^2 b^2 x}{b^2 x^2 + a^2 y^2}, \frac{a^2 b^2 y}{b^2 x^2 + a^2 y^2} \right).$$

التعاكس بالنسبة إلى قطع ناقص التفاضلي (تضامني).

أمثلة

- كل مستقيم يشمل القطب ثابت إجمالاً.
- صورة مستقيم لا يشمل القطب هي قطع ناقص يشمل هذا القطب.

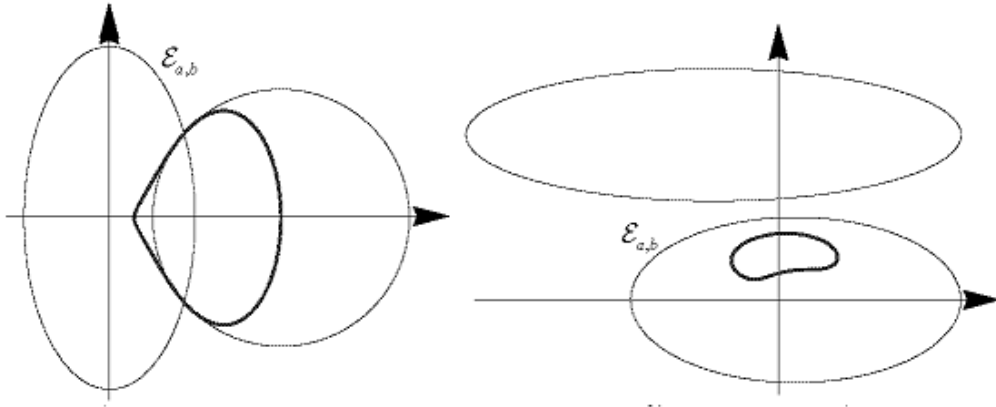
- معكوس مخروطي ليس له نفس "نصف- الشكل" مثل القطع الناقص للتعكس (خاصية نفس نصف - الشكل بين المخروطيات تعني هنا أن لهذه المخروطيات نفس التباعد المركزي وأن محاورها متوازية على التوالي) ويشمل قطب التعكس هو منحنٍ من الدرجة الثالثة.
- معكوس مخروطي ليس له نفس نصف- الشكل مثل القطع الناقص للتعكس ولا يشمل القطب هو منحنٍ من الدرجة الرابعة.
- معكوس منحنٍ محدّد بالتوسيط

$$t \mapsto (f(t), g(t))$$

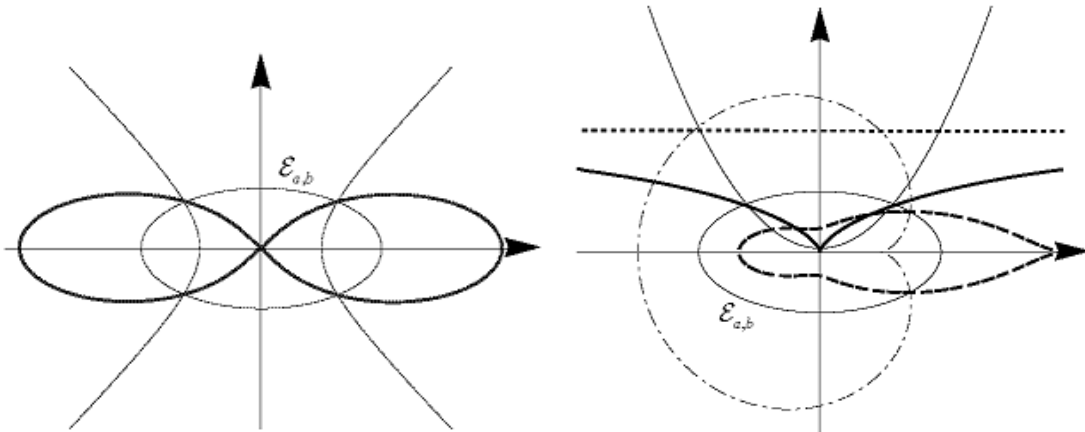
معرف بالتوسيط

$$t \mapsto \left(\frac{a^2 b^2 f(t)}{b^2 f(t)^2 + a^2 g(t)^2}, \frac{a^2 b^2 g(t)}{b^2 f(t)^2 + a^2 g(t)^2} \right).$$

يجدر بالذكر أن التعكس الدائري هو حالة خاصة مهمّة جدًا للتعكس الناقصي، إذ أن الدائرة هي قطع ناقص خاص.



الشكل 5: معكوس دائرة (عن اليسار) ومعكوس قطع ناقص (عن اليمين).



الشكل 6: معكوس قطع زائد (عن اليسار) ومعكوس قطع مكافئ ومعكوس (منحنٍ) قلابي (عن اليمين).

4. التعاكس الزائدي

لنفترض أن $\mathcal{H}_{a,b}$ هو القطع الزائد (أو الزائدي) في المستوى $\mathbb{E}_2$ والذي مركزه $O(0,0)$ ونصفا محوريه a و b .
التعكس الذي قطبه O بالنسبة إلى $\mathcal{H}_{a,b}$ هو التطبيق من $\mathbb{E}_2 \setminus \{O\}$ في نفسه والذي يرفق بالنقطة M النقطة M' من المستقيم (OM) بحيث يكون

$$\overline{OM} \cdot \overline{OM'} = \frac{a^2 b^2 (1+m^2)}{b^2 - a^2 m^2}$$

أين m هو معامل توجيه المستقيم (OM) المقاس من المحور الرئيسي للمخروطي. إذا كان m غير منتهٍ، يكون

$$\overline{OM} \cdot \overline{OM'} = -b^2.$$

تُسمى النقطة O مركز التعاكس أو قطبه و $\mathcal{H}_{a,b}$ قطعه الزائد [10].

إذا كان القطع الزائد $\mathcal{H}_{a,b}$ مُعرِّفاً بالمعادلة

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0,$$

فإن التعاكس بالنسبة إلى $\mathcal{H}_{a,b}$ معرّف بالآتي

$$(x, y) \mapsto \left(\frac{a^2 b^2 x}{b^2 x^2 - a^2 y^2}, \frac{a^2 b^2 y}{b^2 x^2 - a^2 y^2} \right).$$

التعاكس بالنسبة إلى قطع زائد التفاف.

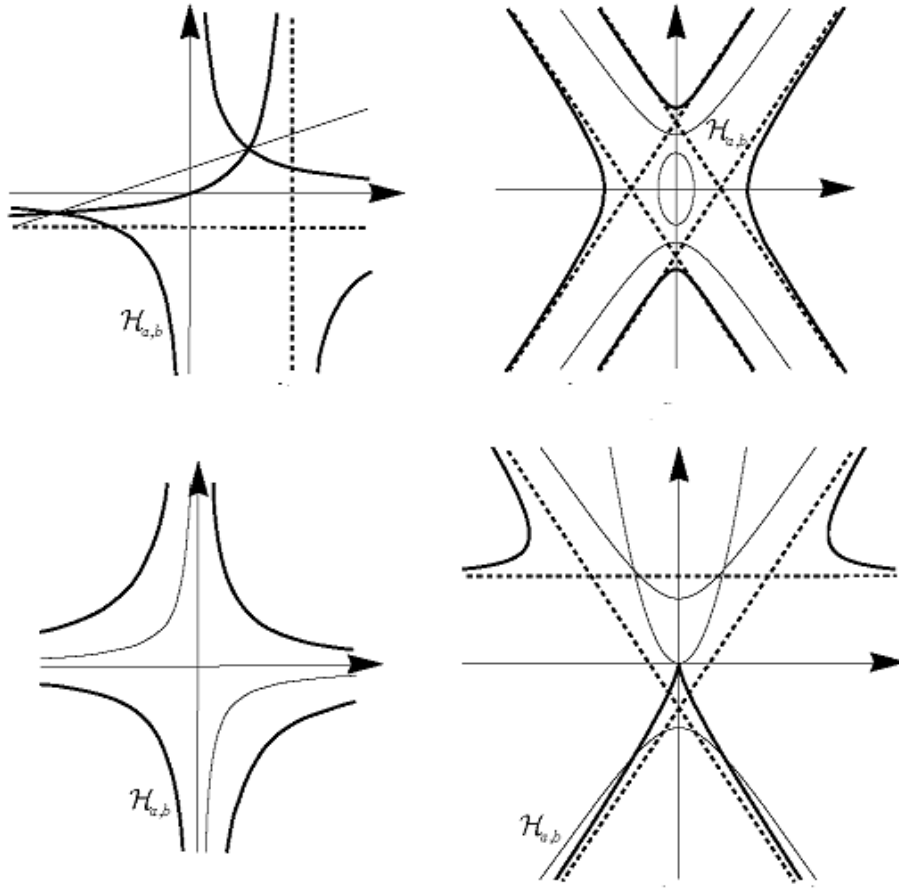
أمثلة

- صورة مستقيم يوازي مستقيماً مقارباً لقطع التعاكس الزائد مستقيم يوازي المستقيم المقارب الآخر.
- معكوس مستقيم لا يوازي مستقيماً مقارباً للقطع الزائد هذا هو القطع الزائد الذي يحتوي على القطب ومستقيماه المقاربان موازيان لذلكا الخاصين بالقطع الزائد للتعاكس.
- معكوس قطع زائد لا يشمل القطب ويكون مستقيماه المقاربان موازيين لذلكا التابعين للقطع الزائد للتعاكس هو قطع زائد يتمتع بنفس الخصائص؛ إذا كان القطع الزائد المراد تحويله متمركزاً في القطب، فإن صورته تتمركز في القطب أيضاً.
- معكوس منحنٍ محدّد بالتوسيط

$$t \mapsto (f(t), g(t))$$

معرّف بالتوسيط

$$t \mapsto \left(\frac{a^2 b^2 f(t)}{b^2 f(t)^2 - a^2 g(t)^2}, \frac{a^2 b^2 g(t)}{b^2 f(t)^2 - a^2 g(t)^2} \right).$$



الشكل 7: معكوس مستقيم (في الأعلى عن اليسار)، معكوس قطع ناقص (في الأعلى عن اليمين)، معكوس قطع زائد (في الأسفل عن اليسار) ومعكوس قطع مكافئ (في الأسفل عن اليمين).

5. التعاكس المكافئ

لنفترض أن $\mathcal{P}$ هو القطع المكافئ (أو المكافئ) المعرف في الإحداثيات الديكارتية بالمعادلة

$$y^2 - 2px = 0$$

ولتكن $\omega(x_0, y_0)$ نقطة محدّدة في المستوي.

يُعرف قطبي أي نقطة $M(\alpha, \beta)$ بالنسبة إلى $\mathcal{P}$ بالمعادلة الديكارتية

$$px - \beta y + p\alpha = 0.$$

لأي نقطة $M(\alpha, \beta)$ تختلف عن ω فإن تلاقي المستقيم (ωM) مع قطبي M بالنسبة إلى $\mathcal{P}$ هو النقطة M' التي إحداثياتها

$$(\alpha', \beta') = \left(-\frac{p\alpha^2 - p\alpha x_0 + \beta^2 x_0 - \alpha\beta y_0}{p\alpha - \beta^2 - px_0 + \beta y_0}, -\frac{p(\alpha\beta + \beta x_0 - 2\alpha y_0)}{p\alpha - \beta^2 - px_0 + \beta y_0} \right).$$

التعكس $\mathcal{I}_{(\omega, \mathcal{P})}$ بالنسبة إلى $\mathcal{P}$ والذي قطبه ω أو التعاكس المكافئ الذي قطبه ω هو التطبيق من المستوي في نفسه والذي يُرفق بالنقطة M المختلفة عن ω النقطة M' المعرفة كما سبق، أي أنه يُعرف بالآتي

$$(x, y) \mapsto \left(-\frac{px^2 - pxx_0 + y^2 x_0 - xyy_0}{px - y^2 - px_0 + yy_0}, -\frac{p(xy + yx_0 - 2xy_0)}{px - y^2 - px_0 + yy_0} \right).$$

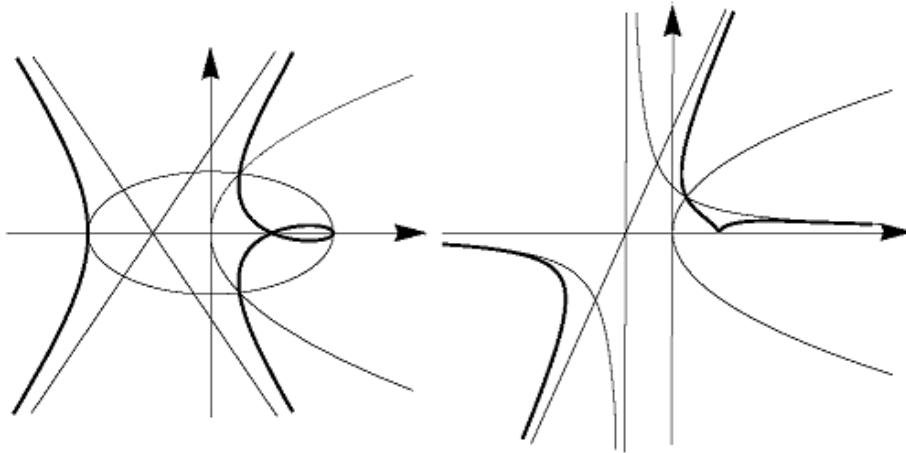
صورة المنحنى المعرف بالتوسيط

$$t \mapsto (f(t), g(t))$$

بالتعكس $\mathcal{I}_{(\omega, \mathcal{P})}$ ، معطًى بالتوسيط

$$t \mapsto \begin{cases} \frac{pf(t)^2 - pf(t)x_0 + g(t)^2x_0 - f(t)g(t)y_0}{pf(t) - g(t)^2 - px_0 + g(t)y_0} \\ - \frac{p(f(t)g(t) + g(t)x_0 - 2f(t)y_0)}{pf(t) - g(t)^2 - px_0 + g(t)y_0} \end{cases}.$$

نظرا إلى أن (المستقيم) القطبي لنقطة من منحن هو المماس لهذا المنحنى في هذه النقطة، فإن القطع المكافئ $\mathcal{P}$ ثابت نقطة بنقطة بالتعكس $\mathcal{I}_{(\omega, \mathcal{P})}$ ؛ ويُستنتج من ذلك أن صورة منحن ما، بهذا التعكس، تشمل نقطتي التلاقي المحتملتين بين المنحنى الأصلي $\mathcal{P}$ و [11].



الشكل 8: المعكوس المكافئ لقطع ناقص (عن اليسار) والمعكوس المكافئ لقطع زائد (عن اليمين).

التعليقات

[1] التعكس بالنسبة إلى كرة (في الفضاء الذي نعيش فيه) يجعل من الممكن طلاء الوجه الداخلي للكرة دون تقطيعها (نحول الكرة إلى مستو، نقوم بطلاء هذا المستوي ثم نحوله إلى الكرة الأصلية).

التعكس يسمح أيضاً بحبس أسد في قفص. لهذه الغاية نضع قفصاً كروياً في الصحراء، ندخله ونغلقه. نقوم بعد ذلك بإجراء تعكس بالنسبة إلى القفص. النتيجة هي أن الأسد سيصبح داخل القفص، ونحن خارجه.

https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Extras/lion_hunting

[2] ينفرد المرجع 4 (الصفحة 309)، حتى إثبات العكس، بتعريف التعكس بالنسبة إلى منحن جبري مستو من الدرجة n ، أيًا كان العدد الطبيعي n ، مع التنبيه إلى أن هذا التعريف يعتمد على مفهوم المنحنيات القطبية المتتابعة. أما التعكس بالنسبة إلى سطح جبري، أيًا كان، فلا أعرف له أثرا، باستثناء المرجع 5 (الصفحة 655) والذي يقدم، فضلا عن ذلك، حالات خاصة كالتعكس بالنسبة إلى سطح تربيعي أيًا كان، أي بالنسبة إلى كرة وشبيه ناقص وشبيه زائد (ذي سباط واحد وذو سباطين) وشبيه مكافئ.

[3] التطبيق f من ميدان من المستوي في المستوي امتثالي (أو حافظاً للزوايا)، إذا كان يحافظ (محلياً) على الزوايا بين منحنين موجَّهين، أي إنه إذا كان منحنان C_1 و C_2 يلتقيان في النقطة A ، ويشكل شعاعاهما المماسان

في A (في اتجاه التوجيه) زاويةً قياسها α ، فإنّ الشعاعين المماسين للمنحنيين $\langle C_1 \rangle$ و $\langle C_2 \rangle$ في $f(A)$ يشكّان هما أيضاً زاويةً قياسها α . بتعبير آخر، إنّ f تشابه مباشر محلياً.

[4] نسّي شبكةً غير منحلّة من الدوائر مجموعةً جميع الدوائر التي تكون بالنسبة إليها قوة نقطة مُعيّنة، تُسّي مركز الشبكة، مساويةً عدداً معيّناً. ونسّي شبكةً منحلّة من الدوائر مجموعةً جميع الدوائر التي تنتمي مراكزها إلى مستقيم معيّن، يسّي المستقيم الأساسيّ لهذه الشبكة.

[5] من هذا يُستنتج تحويلٌ حركة دائرية إلى حركة مستقيمة.

[6] في الهندسة الإسقاطية، النقطتان الدائريتان (أو الدوريتان أو أيضاً المتناحيّتان)، هما نقطتان خاصتان في اللامنتي، في المستوي الإسقاطي المركّب، تنتميان إلى تراكب كلّ دائرة حقيقية والمعرّف في الإحداثيات المتجانسة بمعادلة من الشكل

$$x^2 + y^2 - 2axz - 2byz + cz^2 = 0.$$

غالباً ما تؤخذ النقطتان $I(1; i; 0)$ و $J(1; -i; 0)$ لهاتين النقطتين.

[7] M. Gardner, The Sixth Book of Mathematical Diversions, University of Chicago Press, 1984, p. 244-245.

[8] تكون النقطتان M_0 و M' مترافقتين بالنسبة إلى مخروطيّ $\mathcal{C}$ إذا كان المستقيم (M_0M') يلتقي $\mathcal{C}$ في نقطتين P و Q بحيث يكون التقسيم $[M_0, M', P, Q]$ توافقياً، أيّ بحيث يكون

$$\frac{\overline{PM_0}}{\overline{PM'}} = -\frac{\overline{QM_0}}{\overline{QM'}}.$$

[9] يمكننا إذن، أخذين بعين الاعتبار تعريفَ التعاكس بالنسبة إلى مخروطيّ ما، الوارد أعلاه، أن نعرّف التعاكس بالنسبة إلى قطع ناقص قطبه نقطةً من المستوي، أيّا كانت هذه النقطة.

[10] يمكننا أيضاً في الحالة الزائدية تعريفَ التعاكس بالنسبة إلى قطع زائد معطى وقطبه أيّ نقطة في المستوي.

[11] هذا صحيح أيضاً في الحالة الناقصية وفي الحالة الزائدية.

المراجع

1. D.E. Blair, Inversion Theory and Conformal Mapping, American Mathematical Society, 2000.
2. R. Caddeo, G. Franzoni, P. Piu, Inverting Beauty, Dipartimento di Matematica e Informatica, Università degli Studi di Cagliari, Via Ospedale 72, 09124 Cagliari, ITALIA, 2010-2011.
3. N.A. Childress, Inversion with Respect to the Central Conics, Mathematics Magazine Vol. 38, No. 3, 1965, pp. 147-149.
4. Hamza Khelif, [Le jardin des courbes](#), Dictionnaire raisonné des courbes planes célèbres et remarquables, 2e édition, 966 pages. KDP Amazon, 2020.
5. Hamza Khelif, [Le jardin des surfaces](#), Dictionnaire raisonné des courbes gauches, des surfaces et d'autres variétés célèbres et remarquables, 2048 pages. KDP Amazon, 2020.
6. J.L. Ramirez, Inversions in an Ellipse, [Forum Geometricorum Volume 14 \(2014\) 107–115](#).
7. D. Wells, The Penguin Dictionary of Curious and Interesting Geometry, PENGUIN BOOKS, 1991.

حول مفهوم الطريقة في الرياضيات ومشكلة اليقين!

طريقة كافاليري نموذجاً

صادق بوروبي

أستاذ بكلية الرياضيات، جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، الجزائر

bouroubis@gmail.com

مقدمة

بالعودة إلى القاموس، نجد التعريف التالي:

”الطريقة هي الأسلوب الذي يتم من خلاله توجيه الفكر والتعبير عنه وفقاً لمبادئ المعرفة.“

يتمثل هدف طريقة ما في السماح بالحصول على نتائج ذات شكل متطابق من خلال خصائص مشتركة. فعندما يتحدث ديكارت Descartes ولايبنتز Leibniz عن الطريقة في مجال المعرفة، فإنهما يقصدان بذلك اعتماد منهج يتمثل في بناء حساب متكامل يتم من خلاله تقليص مجال المعرفة المدروسة لنموذج عمليات هذا الحساب. وانطلاقاً من هذه النظرة، نكون أمام مشكلة حقيقية تستوجب الجواب عن السؤالين التاليين:

1- ما الذي يجعل الطريقة صالحة؟

2- وما الذي يضمن أنّ الطريقة تنتج دائماً نتائج صحيحة؟

في هذه المقالة، سنقدّم نموذجاً لطريقة رياضية، لعبت دوراً هاماً في تطوير الحساب التكاملي ولكنها أثارت العديد من الجدل والانتقادات اللاذعة، تتمثل في طريقة كافاليري للأجزاء غير القابلة للتجزئة.

1. بونافينتورا كافاليري

بونافينتورا كافاليري Bonaventura Cavalieri هو رياضياتي ورجل دين إيطالي، وُلد في ميلانو عام 1598 وتوفي في بولونيا عام 1647. تُعدُّ دراسته لأعمال أقليدس Euclid من أهم الأسباب التي أثارت اهتمامه بالرياضيات. خلال إقامته في دير ميلانو، لاحظ الكاردينال فريديريكو بوروميو Frederico Borromeo عبقرية كافاليري فقَدّمه للعالم المشهور في ذلك الوقت جاليليو Galileo.



بونافينتورا كافاليري

درس كافالييري الهندسة والرياضيات مع بنديتو كاستيلي Benedetto Castelli الذي كان يدرس في جامعة بيزا، فتقدّم كافالييري بطلب ليشغل كرسي الرياضيات في جامعة بولونيا عام 1619، لكنه اعتبر آنذاك شاباً صغيراً جداً ليشغل مثل هذا المنصب المرموق. ثم جرّب حظه مرة أخرى في نفس الجامعة عندما غادر كاستيلي من بيزا إلى روما، ولكنه جوبه بالرفض مرة أخرى. في عام 1629، تولى منصب كرسي الرياضيات في بولونيا ودرّس بها حتى وفاته في عام 1647.

تتناول أعمال كافالييري المجالات الرياضية والبصرية والفلكية. وكان له دور كبير في الانتشار السريع للوغاريتمات في إيطاليا حيث نشر جداول تحتوي على لوغاريتمات الدوال المثلثية للمستخدمين في علم الفلك. ففي عام 1632، نشر كتاباً بعنوان "Directorium universale uranometricum"، وفيه قدّم جداول للنسب المثلثية بثمانية أرقام عشرية مصحوبة بلوغاريتماتها. بالإضافة إلى ذلك عمل كافالييري على نشر كتب عديدة أخرى في علم التنجيم، واحد منها في عام 1639 والآخر في عام 1646، وكان هذا آخر أعماله.



فريدريكو بوروميو



بنديتو كاستيلي

تواصل كافالييري عن طريق المراسلة مع عدد كبير من العلماء في الرياضيات من بينهم جاليليو وميرسين Mersenne وتوريتشيلي Torricelli وفيفياني Viviani. تحتوي مراسلاته مع جاليليو على أكثر من 112 رسالة.



ميرسين



توريتشيلي



فيفياني

عند وصوله إلى بولونيا، كان كافالييري قد أتمّ بالفعل تصميم طريقته الموسومة بالأجزاء غير القابلة للتجزئة method of indivisibles، والتي تمّ تقديمها في عام 1635 في كتابه "Geometria Indivisibilibus Continuatorum Noua Qudam Ratione Promota".

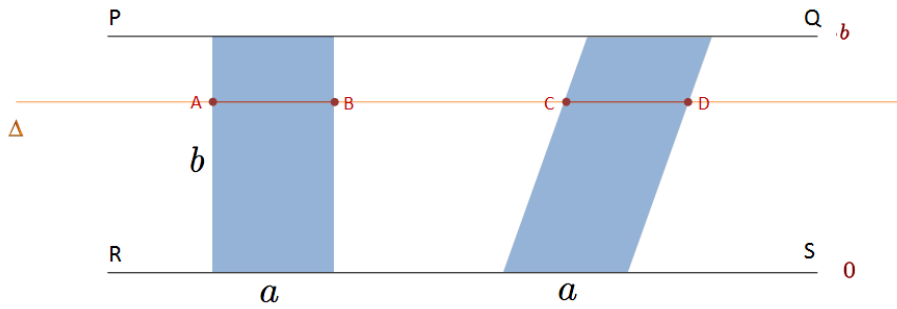
وقد لعبت هذه الطريقة دورًا كبيرًا في تطوير الحساب التكاملي. في هذا الكتاب، وصف كافالييري طريقته دون تحديد واضح لما يعنيه بـ "غير القابلة للتجزئة"! وكانت تُعدُّ نسخة معدلة من طريقة الاستنفاد method of exhaustion التي استخدمها أرخميدس Archimedes، والتي تضمنت نظرية الكميات الهندسية اللامتناهية في الصغر لكيبler Kepler.

2. تقدير المساحات

تنبع طريقة الأجزاء غير القابلة للتجزئة من مفهوم قديم للمادة تعود أصوله إلى رأي بعض الفلاسفة الذين يرون أن المادة تتألف من ذرات تختلف طبيعتها عن طبيعة المادة. بالنسبة لكافالييري، الشكل الهندسي السطحي يتألف من خطوط، بينما الجسم ثلاثي الأبعاد يتألف من أسطح، وهو مجموع هذه الأجزاء غير القابلة للتجزئة التي تشكل المساحة السطحية أو حجم الجسم ثلاثي الأبعاد. يمكن صياغة أساس طريقته للسطوح على النحو التالي:

إذا كان شكلان مستويان محصورين بين خطين متوازيين، وكان لجميع تقاطعات هذين الشكلين مع خط مُوازٍ للخطين الأوليين نفس الطول، فإنه يكون للشكلين المستويين نفس المساحة.

لفهم فحوى هذه الفرضية ولتوضيح كيف استخدمها كافالييري لمقارنة مساحتين من شكلين مستويين، نأخذ مثالاً لشكلين بسيطين وهما المستطيل ومتوازي الأضلاع كما هو موضح في الشكل أدناه.



$$\sum a = ab = \sum a$$

بالكتابة الحديثة، تتمثل فرضية كافالييري فيما يلي:

$$\int_0^b a \, dx = ab$$

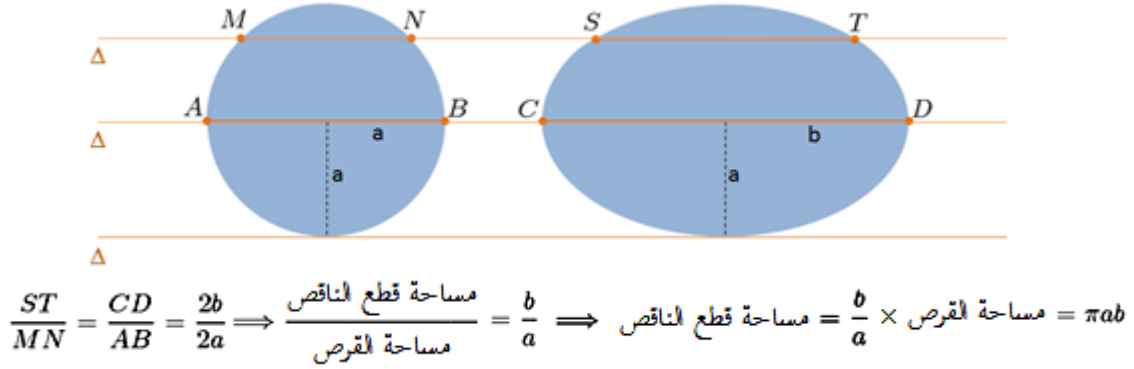
لقد صاغ كافالييري هذه النتيجة كالآتي:

مساحة متوازي الأضلاع تساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه.

يمكن تعميم طريقة كافالييري لإيجاد مساحة بعض الأشكال عندما تكون مساحة عناصر الأجزاء غير القابلة للتجزئة في نسبة معينة، وذلك كالآتي:

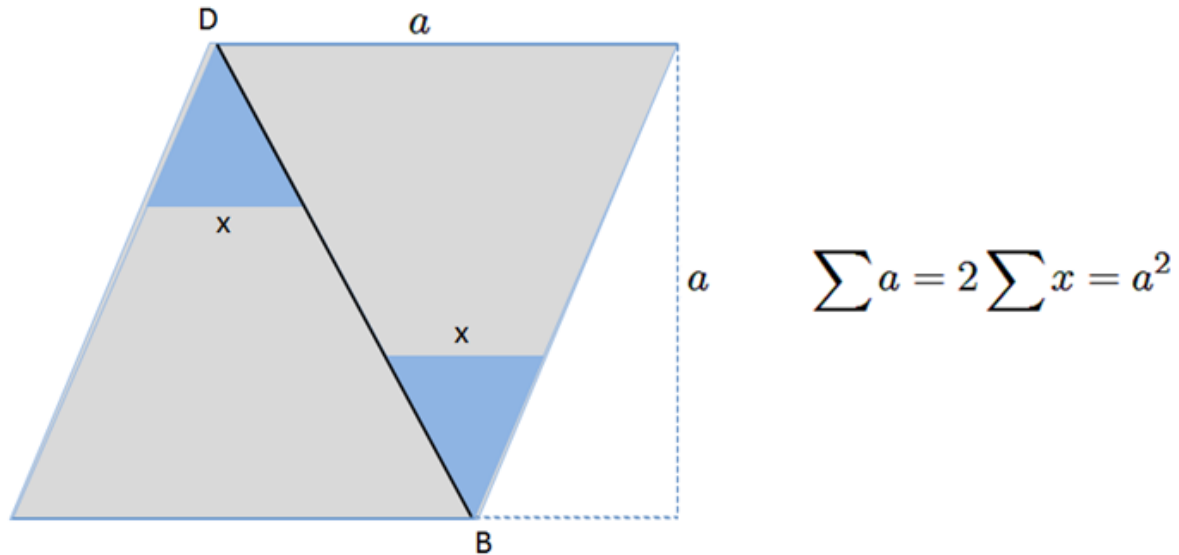
إذا كان لشكلين هندسيين نفس الارتفاع، وكانت المقاطع التي نحصل عليها بواسطة خطوط موازية للقواعد وعلى بعد متساوٍ منها في نسبة محددة دائماً، فإن مساحتي الشكلين تكونان في نفس النسبة.

يبدو أن كافالييري قد استوحى إلهامه هذا من أعمال كيبلر الذي وجد بشكل خاص مساحة القطع الناقص بشكل مشابه، يمكن توضيحه كما يلي:



3. قوة الخطوط

استخدم كافالييري هذه الطريقة لمقارنة ما أسماه بقوى الخطوط Powers of lines في متوازي الأضلاع. ولتوضيح الفكرة نتأمل في المثال التالي:



بالكتابة الحديثة، تتمثل هذه الفرضية كما يلي:

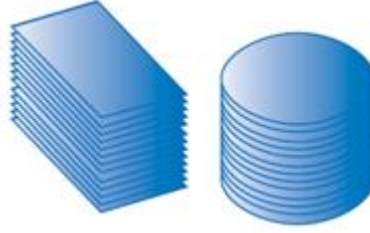
$$2 \int_0^a x \, dx = a^2$$

4. حساب الحجم

استخدم كافالييري نفس الطريقة لحساب حجوم مختلفة من الأشكال الصلبة، وبموجب مبدأ الأجزاء غير القابلة للتجزئة، يمكن التعبير عن هذه الطريقة على النحو التالي:

إذا كان جسمان صلبان موجودين بين مستويين متوازيين، وكانت لجميع مقاطع هذين الجسمين مع مستوي موازٍ للمستويين الأوليين نفس المساحة، فإنه يكون لهذين الجسمين نفس الحجم.

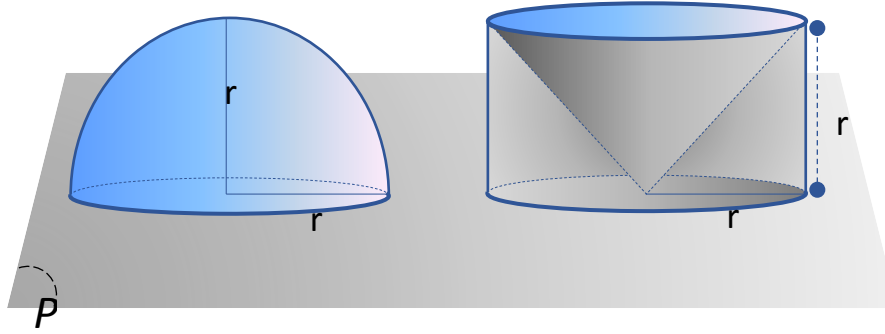
يمكن توضيح هذه النتيجة باستخدام مكعب مستطيل الشكل يشبه كومة من البطاقات المستطيلة وأسطوانة دائرية الشكل تشبه كومة من البطاقات الدائرية. إذا كان لكلي الكومتين نفس الارتفاع وكانت مساحة البطاقات الدائرية تساوي مساحة البطاقات المستطيلة، فإن الكومتين تشغلان أحجامًا متساوية.



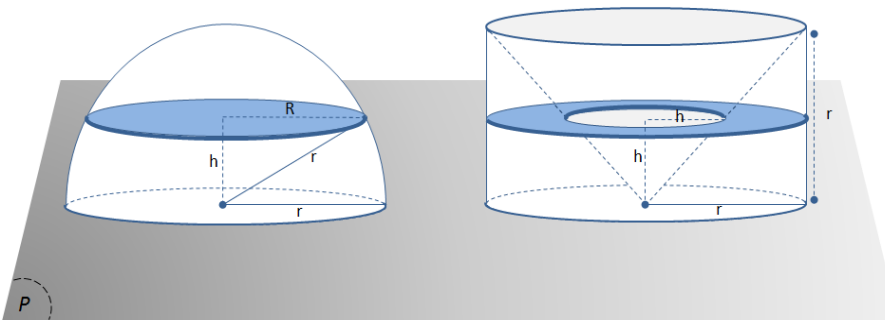
من خلال هذه الطريقة القائمة على مبدأ الأجزاء غير القابلة للتجزئة، استنتج كافالييري أن حجم الأسطوانة يساوي ضرب مساحة قاعدتها في ارتفاعها، أي

$$V = \pi r^2 h$$

استخدم كافالييري نفس الطريقة لحساب حجم الكرة، وكانت الفكرة لا تختلف كثيرًا عن طريقة أرخميدس. لقد اعتبر نصف كرة وأسطوانة بنفس نصف القطر مع ارتفاع الأسطوانة يساوي نصف القطر كذلك. وقد اعتبر أيضًا أن الأسطوانة تم حفرها على شكل مخروط مقلوب كما هو موضح في الشكل أدناه:



نلاحظ في هذا الشكل أنه تم وضع الجسمين بين مستويين متوازيين، نظرًا لأن ارتفاع الأسطوانة يساوي نصف قطر الكرة. إذا تخيلنا الآن مستويًا موازًا للمستوى P، يقطع كلا الجسمين الصليبين، والمسافة بين هذا المستوي والمستوي P تساوي h، فإن تقاطع هذا المستوي مع نصف الكرة ينتج قرصًا، ومع الجسم الأسطواني الآخر حلقة، كما هو موضح في الشكل أدناه:



نصف قطر القرص هو:

$$R = \sqrt{r^2 - h^2}$$

مساحة القرص هي:

$$A = \pi (r^2 - h^2)$$

ومساحة الحلقة هي:

$$A = \pi r^2 - \pi h^2 = \pi (r^2 - h^2)$$

استنتج كافالييري من ذلك أن حجم نصف الكرة يساوي الفرق بين حجم الأسطوانة وحجم المخروط. لكن، حجم أسطوانة نصف قطرها r وارتفاعها r ، وعليه:

$$V_{\text{الأسطوانة}} = \pi r^3$$

ويساوي حجم المخروط ثلث حجم الأسطوانة ذات نفس نصف القطر ونفس الارتفاع. استنتج كافالييري إذن حجم نصف الكرة:

$$V_{\text{الكرة}/2} = \pi r^3 - \frac{1}{3}\pi r^3 = \frac{2}{3}\pi r^3$$

وبالتالي حجم الكرة:

$$V_{\text{الكرة}} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

هذا ما تشير إليه طريقة كافالييري التالية، التي تُستخدم في قياس الحجم Stereometry.



إذا كان لدى جسمين صلبين نفس الارتفاع، وكانت القطع التي نحصل عليها بواسطة مستويات موازية للقواعد وعلى بعد متساوٍ منها في نسبة محددة دائماً، فإن حجمي الجسمين الصلبين يكونان في نفس النسبة.

$$\frac{\pi ac}{\pi b^2} = \frac{\text{حجم السطح الناقصي}}{\text{حجم الكرة}} \Rightarrow \text{حجم السطح الناقصي} = \frac{\pi ac}{\pi b^2} \times \frac{4}{3}\pi b^3 \Rightarrow \text{حجم السطح الناقصي} = \frac{4}{3}\pi abc$$

من الملاحظ لحد الآن أن طريقة كافالييري تسمح بالحصول على نتائج متوافقة مع الواقع في بعض الحالات، ولكن مع ذلك تم انتقادها بشدة بسبب عدم دقتها.

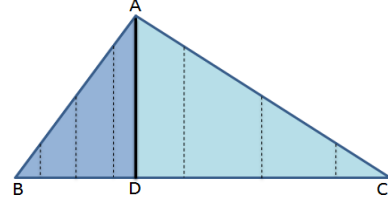
5. نقص في الدقة والصرامة

تتعلق العديد من هذه الانتقادات بحقيقة عدم تعريف الأشياء "غير القابلة للتجزئة" بشكل واضح. وقد كان السويسري بول جولدين (1642-1577) Paul Guldin أكثر المنتقدين شدة، حتى أنه ضرب مثلاً مضاداً يوضح من خلاله أن طريقة كافالييري تعطي في بعض الأحيان نتائج خاطئة. بالفعل، لقد برهن بول جولدين، بمثال مضاد، أن

طريقة كافالييري للأشياء "غير القابلة للتجزئة" تسمح باستنتاج قضايا خاطئة. مثلاً، في مثلث ABC تختلف أطوال جوانبه AB و AC ، مقسّم بواسطة ارتفاعه AD إلى مثلثين يفترض، اعتماداً على طريقة كافالييري، أن يكونا متساويي المساحة، وهو ما ليس كذلك في الواقع.



بول جولدين



بعد الانتقادات الكثيرة التي واجهتها طريقة كافالييري، حاول كافالييري إعادة صياغة عرضه للرد على الاعتراضات ولكنه لم ينجح في ذلك.

على الرغم من هذا الجدل وشدة الانتقادات التي تعرضت إليها الطريقة وعدم وجود أُسس صلبة للنتائج التي تم الحصول عليها، فإن العديد من الرياضياتيين استخدم طرقاً مكافئة لطريقة كافالييري، مثل روبرفال Roberval وتوريتشيلي Torricelli وفيرما Fermat وباسكال Pascal وسانت فينسنت Saint-Vincent وإسحاق بارو Isaac Barrow.



روبرفال



فيرما



باسكال



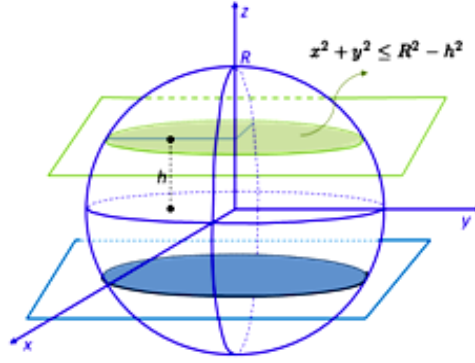
سانت فينسنت



إسحاق بارو

6. حجم وسطح الكرة: رؤية استريومترية

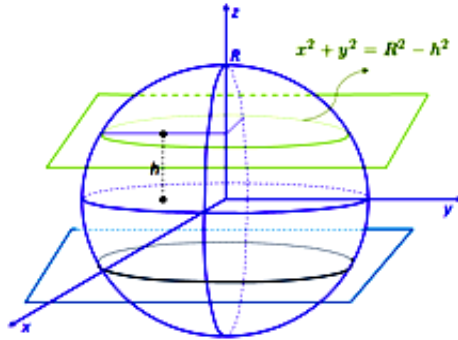
رأى كافالييري الكرة على أنها كومة من الأوراق الدائرية واعتبر أن هذه الكومة تشغل حجم الكرة.



بالكتابة الحديثة، تُكتب فرضية كافالييري كما يلي:

$$\begin{aligned} V_S &= 2 \left(\int_0^R \pi (R^2 - h^2) dh \right) \\ &= 2\pi \left(R^3 - \frac{R^3}{3} \right) \\ &= \frac{4}{3} \pi R^3 \end{aligned}$$

بأسلوب المقارنة، نعتبر غلاف الكرة على أنه كومة من محيطات الأوراق الدائرية. وبشكل أساسي، تشغل هذه الكومة مساحة الكرة.



بالكتابة الحديثة، من المفترض حسب طريقة كافالييري، أن تكون مساحة الكرة كالتالي:

$$A_S = 2 \int_0^R (2\pi \sqrt{R^2 - h^2}) dh$$

حيث

$$h = R \sin \theta$$

ومنه

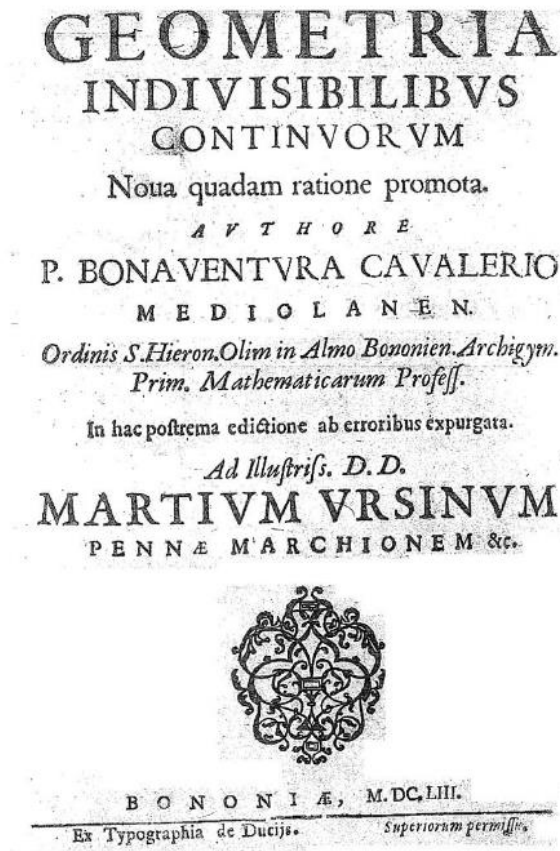
$$\begin{aligned}
 A_S &= 4\pi R^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \theta \, d\theta \\
 &= \frac{4\pi R^2}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1 + \cos 2\theta) \, d\theta \\
 &= \pi^2 R^2 \boxed{< 4\pi R^2} \quad !?
 \end{aligned}$$

الخلاصة

لتأكيد صحة طريقة ما، يجب القيام بتفكيكها بدقة انطلاقاً من أسس صارمة. فأي طريقة تقوم على أساس استقرائي، أي تقتصر في أحكامها على تراكم حالات خاصة تبين أنها صحيحة، لا يمكن ضمان موثوقيتها في الحالات التي لم تتم معالجتها بعد. وهذا يمكن أن يشير إلى طرح فكرة البرهان بطريقة المقارنة.

مرجع

Cavalieri, Bonaventura. *Geometria Indivisibilibus Continuum Noua Quadam Ratione Promota*. Ex typographia de Ducijs, 1653.



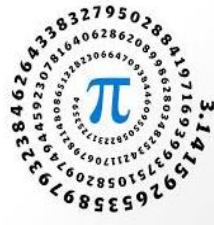
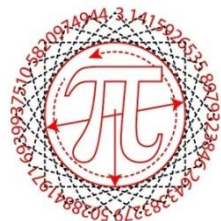
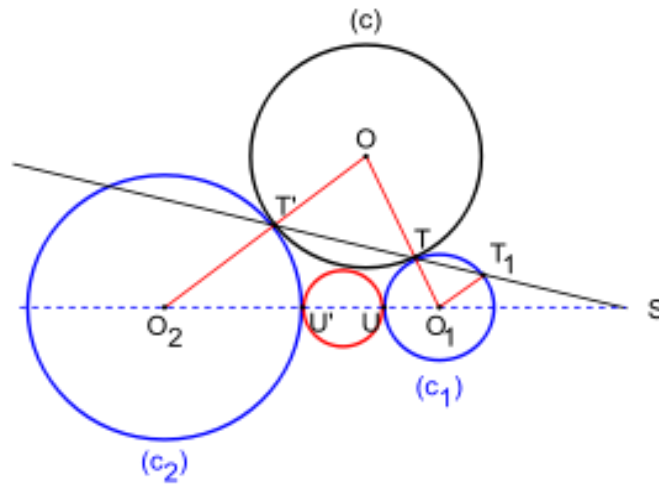
اليوم العالمي للرياضيات

14 مارس

لخضر دلول

مفتش التربية الوطنية (متقاعد)

ldelloul@hotmail.fr



```

char
main()
{
    register int i;
    register char c;
    for (i=0; i<100; i++)
    {
        c = '0' + i % 10;
        printf("%c", c);
        if (i % 10 == 9)
            printf("\n");
    }
    printf("\n");
}

```

مقدمة

تُعَدُّ الأبحاث العلمية والتكنولوجية أحد أهمّ المعايير التي تُستخدم لقياس مستوى تطوُّر أيّ بلد يريد التقدّم والازدهار. وتوظّف نتائج الأبحاث العلمية والابتكارات التكنولوجية لتلبية احتياجات المجتمع في كلّ مجالات الحياة الاجتماعية والاقتصادية، وتُعَدُّ مؤشراً على مدى التقدّم الذي توصّل إليه ذلك المجتمع. فالتوظيف الجيّد لنتائج الأبحاث العلمية والابتكارات التكنولوجية هو الضّمان الأساسي لرخاء ورفاهية المجتمع.

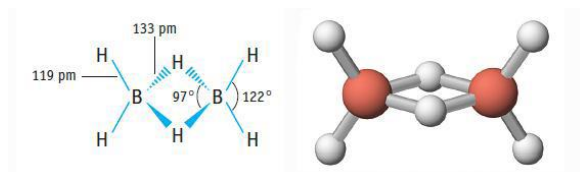
من هذا المنطلق برز دور الرياضيات جليّاً في أيّ تطوُّر علمي، وزادت متطلّبات جميع العلوم الأخرى لها لأنها أصبحت جزءاً لا يتجزأ من المعرفة الإنسانية التي أبدعها العقل البشري لتلبية حاجياته في تنظيم حياته ومعاملاته. الرياضيات علم متطوّر ومتجدّد يواكب المستجدات التي تطرأ في المجتمع. وممّا زادها انتشاراً هو تطبيقاتها الميدانية في شتى المجالات والتخصّصات، كالعلوم الإنسانية والعلوم الاقتصادية والعلوم الاجتماعية، وخاصّة استعمالها لوسائل تكنولوجيات الإعلام والاتصال التي هي نتاج للتطبيقات الرياضية.

لذا كان لزاماً تطوير مناهج الرياضيات المدرسية لتزويد المتعلّمين بالمعارف والمهارات الرياضية، وأساليب التفكير الكفيلة بإعدادهم لاستيعاب المستجدات العلمية والتّقنية، وتحسينها لمواكبة التّطورات العلمية والتّكنولوجية الهائلة، وتوظيفها في ممارساتهم التّعليمية ومشاريعهم العلمية ونشاطاتهم الحياتية المختلفة.

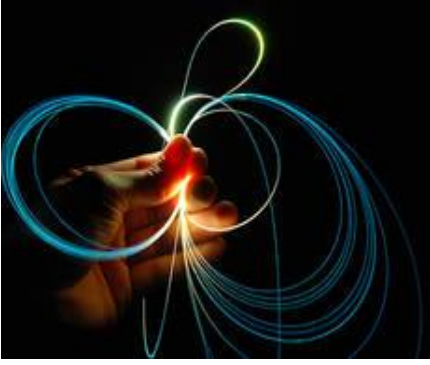
إنّ الرياضيات هي الرّفيق الوفي للإنسان والمساعد له منذ بداية وجوده على الأرض وهي ملازمة لكلّ الظواهر الطبيعية. فهي التي ساعدتنا للوصول لسطح القمر، ومهّدت الطريق لفكّ الكثير من أسرار الطبيعة. وهي ضرورية لفهم الفروع والمواد الأخرى من المعرفة، كالفيزياء والكيمياء والعلوم الطبيعية والزّراعية والعلوم الطّبية والاقتصادية والجغرافية، فكلّ هذه العلوم تعتمد على الرياضيات بطريقة أو بأخرى.

1. الرياضيات

(1) الرياضيات هي علم الأعداد والحساب والفضاء، وهي تختص بالقياس والكميات والمقادير.



(2) الرياضيات هي علم تجريدي من إبداع العقل البشري الذي يهتم بطرائق الحل وأنماط التفكير.

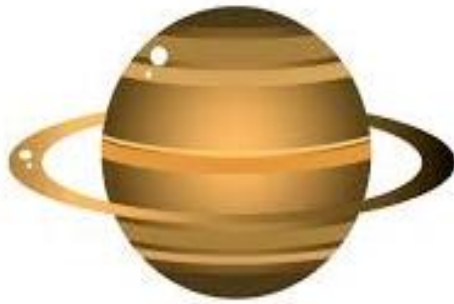
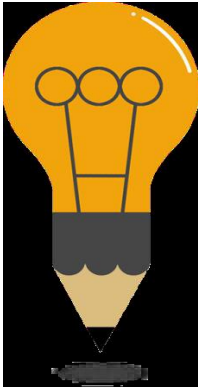


$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

$$\pi = 2 + \frac{1}{3} \left(2 + \frac{2}{5} \left(2 + \frac{3}{7} \left(2 + \frac{4}{9} \left(2 + \frac{5}{11} (2 + \dots) \right) \right) \right) \right) \right)$$

$$n \cdot \cos \frac{\pi}{n} \cdot \sin \frac{\pi}{n} \leq \pi \leq n \cdot \tan \frac{\pi}{n} \quad n \geq 1$$

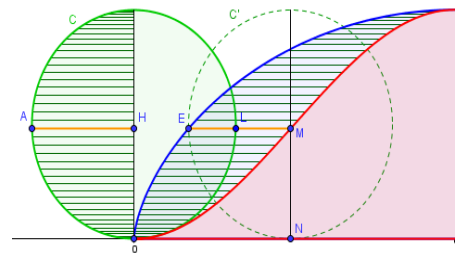
(3) الرياضيات لغة ووسيلة عالمية مكملّة للغة الطبيعية.



(4) تتعامل الرياضيات مع الحقائق الكمية والعلاقات، كما تتعامل مع المسائل التي تتضمن الفضاء والأشكال والصيغ والمعادلات المختلفة.

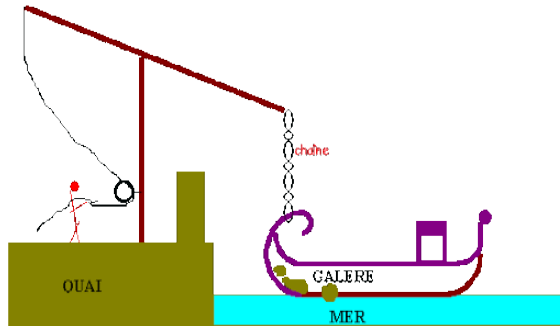


(5) تُعدّ الرياضيات تعبيراً عن العقل البشري الذي يعكس القدرة العقلية والقدرة التأملية والتّعليل والرّغبة في الوصول لحدّ الكمال في النّاحية الجمالية.



2. التّفكير والرياضيات

إنّ كلّ ما نعمله وما نطمح ونجتهد لتحقيقه وما نشيّده هو خلاصة تفكيرنا، وبه نواجه المشاكل والصّعوبات المختلفة التي تعترض سبيلنا لبلوغ أهدافنا. ولإزالة تلك العوائق نتفنّن في تنويع الأفكار وإبداع الحلول النّاجعة لها، ومن هنا تظهر الفوارق في كيفية استخدام هذه القدرة. وعليه فإنّ تنمية القدرات الفكرية لدى كلّ فرد في المجتمع أمر مطلوب لجعل جميع أفراد المجتمع فاعلين وقادرين على التّفكير لتنمية أنفسهم وتقديمهم وتحقيق سعادة أبنائهم.



1.2. التّفكير

توجد عدّة تعاريف للتّفكير نعرض منها:

- سلسلة من العمليات العقلية يقوم بها الدّماغ لاختزال المعلومات وتذكّر المعرفة المكتسبة؛
- سلسلة من الأنشطة العقلية التي يقوم بها الفرد عند تعرضه لأي مشكلة بهدف إيجاد الحلول المناسبة لها؛
- هو عمل العقل في المعلوم للوصول إلى المجهول، ويتطلّب من القائم بالتّفكير أن يعرف التّغييرات التي تحصل، وأن يربط بين الأشياء وأن يتحقّق ممّا توصّل إليه، وكلّ ذلك يكون متزامنا مع قدرته على التذكّر واستدعاء المعلومات وإعادة تجميعها وترتيبها

2.2. فوائد التّفكير

يمثّل التّفكير أعلى فعالية ذهنية يقوم بها الإنسان، فكلّ نتاج البشرية وتقدّمها يمثّل التّطبيق العملي لما كان يفكر به أشخاص آخرون. لذلك نقول إنّ التّفكير والعمل -في الحقيقة- مترابطان ارتباطا وثيقا، فهما يُعدّان شيئا واحدا. فكلّ ما نقوم به يبدأ بفكرة، ونُدوّر هذه الفكرة في ذهننا ونتصوّر ما سيحدث. وبعد ذلك نضع الخطّة لتنفيذ ما فكرنا به وما خطّطنا له.

1. إنّ معظم المعلومات متوفرة اليوم، والبحث عنها ميسّر. والمطلوب هو كيفية استثمار هذه المعلومات، وهذا لا يتأتّى إلا باستخدام مهارات التّفكير للوصول إلى حلّ المشكلات، وذلك باستعمال الأمثلة لمهارات التفكير في حالات متنوّعة.
2. إنّ الذي يمتلك القدرة على التّفكير الصّحيح يمكن أن يكون محترفا في أي مجال جديد عليه.



3. القيمة الفكرية والعقلية للرياضيات

تساعد دراسة مادة الرياضيات في تطوير وتنمية العديد من السمات العقلية، مثل قوة التفكير والاستدلال والبرهان والاستقراء والاستنباط والإبداع والتخيل والتعميم والاكتشاف. فكل موضوع رياضي يحتوي على تحدٍّ فكري، وهذا يُعدّ في ذاته تمريناً جيداً للعقل. كما يعدّ حل المشكلات في الرياضيات مجالاً خصباً لتطوير القدرات العقلية.

1.3. طبيعة الرياضيات

الرياضيات هي مجموعة من الأنظمة الرياضية وتطبيقات هذه الأنظمة في جميع نواحي الحياة العلمية وتخصصاتها. والنظام الرياضي عبارة عن بناء استنتاجي يقوم على مجموعة من المسلمات والافتراضات. تهتمّ الرياضيات بدراسة موضوعات عقلية، بعضها يتمّ ابتكارها كالأعداد والرموز الجبرية، والبعض الآخر يُجَرّد من العالم الخارجي كالأشكال أو العلاقات القائمة بينها أو بين أجزائها.

2.3. أهمية الرياضيات في الحياة العامة

الرياضيات هي دعامة الحياة المنظّمة ليومنا الحاضر، فبدون الأعداد والدلائل لن نستطيع أن نحسم مسائل عديدة في حياتنا اليومية. فهناك توقيتات وقياسات ومعدّلات وأجور وإمدادات واستهلاك، إلخ. وفي غياب هذه البيانات الرياضية ينتج التّشويش والارتباك والفوضى. ولذلك أصبحت الرياضيات الصديق الوفي للإنسان والمساعد له منذ بداية وجود البشرية على الأرض، فليس هناك علم أو فنّ أو تخصص إلّا وكانت الرياضيات مفتاحاً له وجزءاً لا يمكن الاستغناء عنه.



التجارب المخبرية في المؤسسات التربوية



علم هندسة المواد وخصائصها

علم الفيزياء والفلك

تعلّم تركيب الرّوبوت

4. تكنولوجيا الإعلام والاتصال

1.4. التكنولوجيا

إنّ التّقدم التكنولوجي جعل معظم حياتنا أسهل وأبسط ممّا كان عليه الأمر من قبل. لقد تغيّرت الطّرق والوسائل تغيّراً كبيراً نظراً للتّقدم الهائل الذي تضيفه الاختراعات الجديدة المتنوّعة والمتعدّدة كلّ يوم في جميع المجالات. فمن جهاز الحاسوب الذي سهّل كثيراً من أعمال المجتمعات، وجهاز الهاتف النّقال الذي يسهّل وسائل الاتصال عبر شبكة الإنترنت إلى الوسائل التكنولوجية الأخرى، مثل الرّوبوت (الرّجل الآلي) الذي لعب دوراً أساسياً في مواكبة التّطورات العلمية والتكنولوجية والاتصال. فقد بات الرّوبوت ضرورياً في كثير من المجالات لقدرته على رفع الإنتاجية بمجهود وتكلفة وموارد بشرية أقل. ولا يمرّ يوم إلّا ونسمع فيه عن اختراعات جديدة في هذا العالم، في علوم الفضاء والصّناعة والتّجارة والعلوم الطّبية والآلات التّرفهية، وصولاً إلى الوسائل التّعليمية.



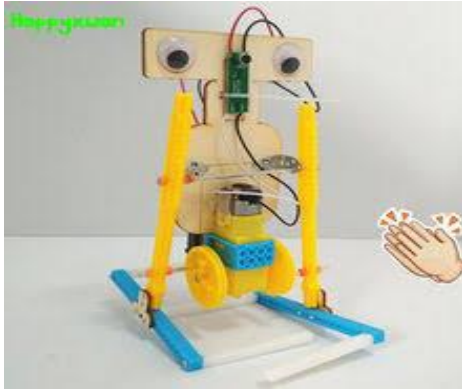


الروبوت في التّعليم المتوسط



الروبوت في التّعليم الابتدائي

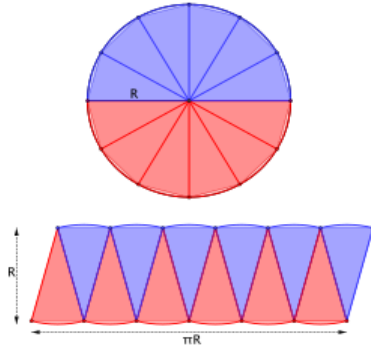
أحدثت التكنولوجيا الحديثة قفزة نوعية لم يسبق لها مثيل طالت كلّ المؤسسات الاجتماعية الأخرى كالمؤسسات التربوية والصناعية. إنّ كلمة تكنولوجيا تعني مجموعة ركائز العمل كأدوات ووسائل وأجهزة وماكينات وأساليب وطرائق وأنماط وبرمجيات تساعد في حلّ المشاكل العلمية.



2.4. الإعلام الآلي واستعمال تكنولوجيا الإعلام والاتصال

إنّ تكنولوجيا الإعلام والاتصال تستجيب لمتطلبات النّظم التربوية والثقافية والاقتصادية الجديدة. فهي تُعدّ وسيلة أساسية لجعلها أكثر فعالية، إذ تنمّي قدرات الفرد وتدعم مهاراته الفكرية. فاستخدام الوسائل التكنولوجية مثل الحاسوب والبرمجيات المتنوعة يُسهّل عمل الفرد ويُبسّطه ويوفّر الجهد والوقت والكلفة.



5. العدد π 1.5. تعريف العدد π 

العدد π هو نسبة محيط دائرة إلى قطرها.
وتساوي مساحة دائرة نصف محيطها جداء نصف قطرها.

وفيما يلي تمثيل وتقريب العدد π وعلاقته مع العدد النيبيري e والعدد الذهبي ϕ حيث $\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$.
ملاحظة: يدل العدد المكتوب بين قوسين (.) على عدد الأرقام العشرية المساوية لتلك المتعلقة بالعدد π .

تمثيل وتقريب العدد π بجذور		تمثيل وتقريب العدد π بكسور	
$(4) \dots \sqrt{\frac{40}{3} - \sqrt{12}}$	$(1) \dots \sqrt{10}$	$(14) \frac{355}{113} \left(1 - \frac{3}{3533 \times 10^4} \right)$	$(2) \frac{22}{7}$
$(6) \dots \frac{99}{80} \left(\frac{7}{7 - 3\sqrt{2}} \right)$	$(2) \dots \sqrt{2} + \sqrt{3}$	$(21) \frac{21053343141}{6701487259}$	$(4) \frac{333}{106}$
$(8) \dots \sqrt[4]{9^2 + \frac{19^2}{22}}$	$(3) \dots 3 + \frac{\sqrt{2}}{10}$	$(25) \frac{1019514486099146}{324521540032945}$	$(6) \frac{355}{113}$
$(8) \dots \sqrt[4]{102 + \frac{2222}{22^2}}$	$(3) \dots \frac{19}{16} \sqrt{7}$	$(25) \frac{8958937768937}{2851718461558}$	$(9) \frac{103993}{33102}$
$(9) \dots \sqrt[5]{\frac{77729}{254}}$	$(3) \dots \frac{9}{5} + \sqrt{\frac{9}{5}}$	$(29) \frac{428224593349304}{136308121570117}$	$(10) \frac{104348}{33215}$
$(9) \dots \frac{63}{25} \left(\frac{17 + 15\sqrt{5}}{7 + 15\sqrt{5}} \right)$	$(3) \dots \frac{7}{3} \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{5} \right)$	$(37) \frac{2646693125139304345}{842468587426513207}$	$(12) \frac{5419351}{17255033}$

$(18000) \dots \frac{\ln 10}{100^2} \left(\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} \frac{1}{10^{(n/100)^2}} \right)^2$ $(42 \times 10^9) \dots \frac{1}{10^{10}} \left(\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{-(n^2/10^{10})} \right)^2$	$(2) \dots \frac{9-e}{2}$	تمثيل تقريب العدد π وعلاقته بالعدد e والعدد الذهبي ϕ حيث: $\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$.
	$(3) \dots \sqrt[3]{2e^3 + e^8}$	
	$(3) \dots \frac{6}{5} \phi^2$	
	$(8) \dots \frac{3\sqrt{67}}{67} \ln 5280$	

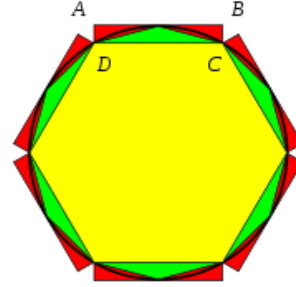
2.5. العلاقات الرياضيّة للعدد π

(1) قام الرياضيّيّ الإغريقيّ أرخميدس Archimedes (212-287 ق.م.) بحصر دائرة بين مضلعين منتظمين أحدهما مرسوم داخل الدائرة والآخر خارجها. ولاحظ أنه كلما كان n عدد أضلاع المضلع المنتظم أكبر كان حصر العدد π أفضل. فأخذ $n=6$ ثم $n=12$ ثم $n=24$ ثم $n=48$ وأخيرا $n=96$ ، فوجد أن

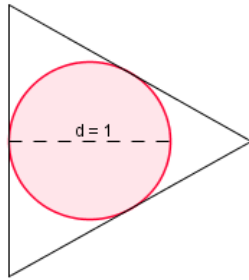
$$3 + \frac{10}{71} < \pi < 3 + \frac{1}{7}.$$



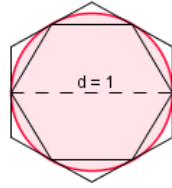
أرخميدس



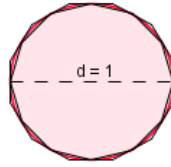
سداسي منتظم



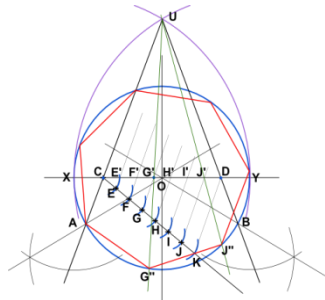
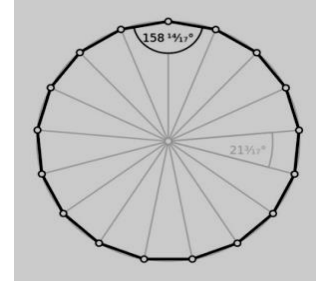
$$\frac{3}{2}\sqrt{3} < \pi < 3\sqrt{3} \quad n=3$$



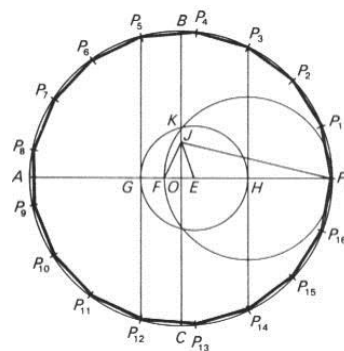
$$3 < \pi < 2\sqrt{3} \quad n=6$$



$$\sqrt{6}(3 - \sqrt{3}) < \pi < 12(2 - \sqrt{3}) \quad n=12$$



المضلعات المنتظمة



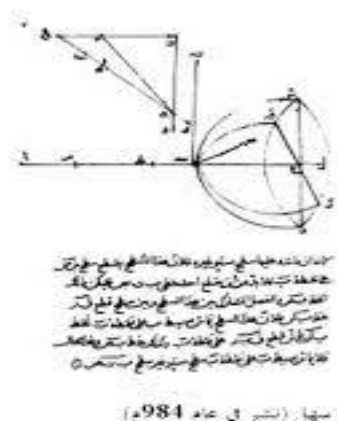
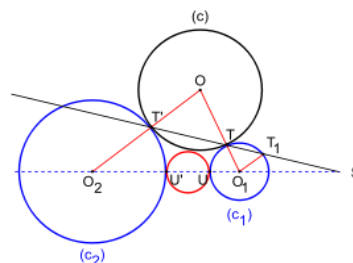
بعض أعمال أرخميدس

(2) تمكّن العالم المسلم غياث الدين الكاشي سنة 1424 من حساب قيمة تقريبية للعدد π ، فوجد

$$\pi = 3,14159\ 26535\ 89793\ 2$$

أي تقريب 16 رقما عشريا.

Qiyath-al-Din Jamshid Kashi


$$\frac{2}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{2} \times \frac{\sqrt{2+\sqrt{2+\sqrt{2}}}}{2} \times \dots$$

$$\frac{4}{\pi} = \frac{3 \times 3 \times 5 \times 5 \times 7 \times 7 \times \dots}{2 \times 4 \times 4 \times 6 \times 6 \times 8 \dots}$$

10

$$\frac{4}{\pi} = 1 + \frac{1^2}{2 + \frac{3^2}{2 + \frac{5^2}{2 + \frac{7^2}{2 + \frac{9^2}{2 + \dots}}}}}$$

$$\pi = 3 + \frac{1}{7 + \frac{1}{15 + \frac{1}{1 + \frac{1}{292 + \frac{1}{1 + \dots}}}}}$$

(6) توصل الفيلسوف والرياضياتي الألماني غوتفريد لايبنتز (Gottfried Leibniz (1716-1646 إلى الصيغة التالية والمعروفة باسم صيغة لايبنتز:

$$\pi = 4 \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{2k+1} = \frac{4}{1} - \frac{4}{3} + \frac{4}{5} - \frac{4}{7} + \frac{4}{9} - \frac{4}{11} \dots$$



غوتفريد لايبنتز



ويليام برونكر



جون واليس

(7) في سنة 1706 تمكّن الرياضياتي الإنكليزي جون ماشن (John Machin (1752-1680 من حساب قيمة مقربة للعدد π باستخدام الصيغة -والتي تحمل اسمه- التالية:

$$\frac{\pi}{4} = 4 \arctan \frac{1}{5} - \arctan \frac{1}{239}$$



جون ماشن

Theref. the (Radius is to $\frac{1}{2}$ Periphery, or) Diameter is the Periphery, as 1.000. &c. to 3.141592653.589793234.6264338327.9502884197.1693993751.0582097494.592307816.4082862089.9862803482.5342117057.9 -, True to above a 100 Places; as Computed by the accurate and Ready Pen of the Truly Ingenious Mr. John Machin: Purely as an Instance of the Vast advantage Arithmetical Calculations receive from the Modern Analysis, in a Subject that has bin of so Engaging a Nature, to have employ'd the Minds of the most Eminent Mathe.

وثيقة تاريخية: حساب 100 رقم عشري للعدد π

(8) في سنة 1743، تمكّن العالم السويسري ليونارد أولر (1707-1783) Leonhard Euler من إيجاد أحسن علاقة بها خمسة ثوابت هي: $0; 1; i; e; \pi$ وأربع عمليات أساسية هي: $+$, $\times$, $=$, الأسية:

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

كما توصل إلى الصيغ التالية:

$$\pi = 2 + \frac{1}{3} \left(2 + \frac{2}{5} \left(2 + \frac{3}{7} \left(2 + \frac{4}{9} \left(2 + \frac{5}{11} (2 + \dots) \right) \right) \right) \right)$$
$$\frac{\pi^2}{6} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \dots$$
$$\frac{\pi}{2} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{2^k \cdot (k!)^2}{(2k+1)!} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{2.3.4.\dots.k}{3.5.7.\dots.(2k+1)}, \quad \frac{\pi}{2} = 1 + \frac{1}{3} + \frac{2}{3.5} + \frac{2.3}{3.5.7} + \frac{2.3.4}{3.5.7.9} + \frac{2.3.4.5}{3.5.7.9.11} + \dots$$

ووجد العلاقة التالية بين π و e :

$$\frac{e+1}{e-1} = 2 + 4 \sum_{r=1}^{\infty} \frac{1}{(2\pi r)^2 + l}$$

9) في سنة 1791، تمكّن العالم الألماني كارل فريدريك غوص Carl Friedrich Gauss (1855-1777) -وقد

كان عمره 14 سنة- من تعيين 13 رقما عشريا للعدد π باستخدام التقريب $\frac{22}{7} \times \frac{2484}{2485} \times \frac{12983009}{12983008}$

ووجد

$$\pi = 3,1415926535897$$

10) وفي سنة 1914، تمكّن الرياضياتي الهندي سرينيفاسا رامانوجان (1920-1887) Srinivasa Ramanujan من إيجاد الصيغ التالية:

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{9801} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)!(1103+26390k)}{(k!)^4 \times 396^{4k}}$$

$$\frac{4}{\pi} = \frac{1}{882} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (4n)!}{(4^n n!)^4} \times \frac{1123+21460n}{882^{2n}}$$

$$\sqrt{\frac{\pi e}{2}} = \frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{2}{1+\frac{3}{1+\frac{4}{1+\frac{6}{1+\frac{7}{1+\frac{8}{\ddots}}}}}}}} + \left\{ 1 + \frac{1}{1.3} + \frac{1}{1.3.5} + \frac{1}{1.3.5.7} + \frac{1}{1.3.5.7.9} + \dots \right\}$$

$$\frac{1}{\left(\sqrt{\varphi\sqrt{5}}\right)e^{2\pi/5}} = 1 + \frac{e^{-2\pi}}{1+\frac{e^{-4\pi}}{1+\frac{e^{-6\pi}}{1+\frac{e^{-8\pi}}{1+\frac{e^{-10\pi}}{1+\frac{e^{-12\pi}}{1+\dots}}}}}}}$$

(11) أما الرياضياتي الأوكراني غريغوري شودنوفسكي (1952-) Gregory Chudnovsky، فقد أثبت سنة 1987 أن

$$\frac{1}{\pi} = 12 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (6n)!}{(3n)! (n!)^3} \times \frac{13591409 + 545140134n}{(640320^3)^{n+\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{426880\sqrt{10005}}{\pi} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(6k)! (13591409 + 545140134k)}{(3k)! \times (k!)^3 \times (-640320)^{3k}}.$$

(12) صيغة BBP: في إحدى الملتقيات العلمية بجامعة سيمون فرازي بمدينة بيرنابي بكندا في 30 سبتمبر 1995، تطرق الحاضرون للعدد π ، وكان من بين الحاضرين الرياضياتيون ديفيد بايلي (1948-) David Bailey وبيتر بورواين (1953-2020) Peter Borwein وسيمون بلوف (1956-) Simon Plouffe. اكتشف الثلاثة صيغة هامة لحساب القيم مقربة للعدد π :

$$\pi = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{16^n} \left(\frac{4}{8n+1} - \frac{2}{8n+4} - \frac{1}{8n+5} - \frac{1}{8n+6} \right)$$

وتسمى صيغة BBP (الحروف الأولى من أسماء الرياضياتيين الثلاثة). وقد وُجدت صيغة BBP باستعمال التّكامل:

$$\pi = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{16^n} \left(\frac{4}{8n+1} - \frac{2}{8n+4} - \frac{1}{8n+5} - \frac{1}{8n+6} \right) = \int_0^{1/\sqrt{2}} \frac{4\sqrt{2} - 8x^3 - 4\sqrt{2}x^4 - 8x^5}{1-x^8} dx$$

ويمكن استنتاج التّكامل الآتي: مع $x \mapsto y = x\sqrt{2}$ ،

$$\int_0^1 \frac{16y-16}{y^4-2y^3+4y-4} dy = \int_0^1 \frac{4y}{y^2-1} dy - \int_0^1 \frac{4y-8}{y^2-2y+2} dy = \pi$$

$$\int_0^1 \frac{16y-16}{y^4-2y^3+4y-4} dy = \int_0^1 \frac{4y}{y^2-1} dy - \int_0^1 \frac{4y-8}{y^2-2y+2} dy = \pi$$

وكذلك العلاقة بين العدد π والتّكامل: $\pi = 4 \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1-x^4}} \cdot \int_0^1 \frac{x^2}{\sqrt{1-x^4}} dx$ أو

$$\pi = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{4}{n^2} \sum_{k=0}^n \sqrt{n^2 - k^2}$$

(13) وفي سنة 1997 تمكّن الباحثان فيكتور أدامشيك Victor Adamchik وستان فانون Stan Wagon

من حساب قيمة تقريبية للعدد π باستخدام الصيغة:

$$\pi = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{4^n} \left(\frac{2}{4n+1} + \frac{2}{4n+2} + \frac{1}{4n+3} \right)$$

والتي نستنتج منها صيغة أبسط هي: $\frac{\pi}{4} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{2k+1}$

(14) وفي نوفمبر 2002، تمكّن أستاذ بإحدى جامعات اليابان بطوكيو يدعى ياسوماسا كانادا (1949-2020) Yasumasa Kanada، من حساب 1241 100 000 000 رقما عشريا للعدد π ، وذلك بمساعدة الفريق العامل معه: ي. أوشيرو (Y. Ushiro) وه. كورودا (H. Kuroda) وم. كودوه (M. Kudoh)، وبمساعدة عمال من شركة هيتاشي Hitachi، مستعملين في ذلك خوارزميات مختلفة. وبعد ثلاث حسابات مستقلة عن بعضها توصلوا لنتائج متطابقة تماما. استغرقت هذه العملية مدّة 600 ساعة عمل مستعملين في ذلك أحدث حواسيب هيتاشي.

$$\pi = 6 \sin^{-1} \left(\frac{1}{2} \right) = 6 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2.3.2^2} + \frac{1.3}{2.4.5.2^5} + \frac{1.3.5}{2.4.6..7.2^7} + \dots \right)$$

$$\pi = \frac{3}{16^0.1} + \frac{6}{16^1.3} + \frac{18}{16^2.5} + \frac{60}{16^3.7} + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{3.C_{2n}^n}{16^n (2n+1)}$$

$$\pi = 3 + \frac{1}{8} + \frac{9}{640} + \frac{15}{7168} + \frac{35}{98304} + \frac{189}{2883584} + \frac{693}{54525952} + \frac{429}{167772160} + \dots$$

$$\pi = \sqrt{12} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-3)^{-k}}{2k+1} = \sqrt{12} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{-1}{3} \right)^k = \sqrt{12} \left(1 - \frac{1}{3 \times 3} + \frac{1}{5 \times 3^2} - \frac{1}{7 \times 3^3} + \dots \right)$$

$$\frac{\pi}{2} = \prod_{k=1}^{\infty} \frac{(2k)^2}{(2k)^2 + 1} = \frac{2}{1} \times \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} \times \frac{4}{5} \times \frac{6}{5} \times \frac{6}{7} \times \dots = \frac{4}{3} \times \frac{16}{15} \times \frac{36}{35} \times \dots$$

(15)

(16)

الأرقام العشرية الأولى للعدد π

3,14159 26535 89793 23846 26433 83279 50288 41971 69399 37510 58209 74944 59230 78164 06286 20899 86280 34825 34211 70679
82148 08651 32823 06647 09384 46095 50582 23172 53594 08128 48111 74502 84102 70193 85211 05559 64462 29489 54930 38196
44288 10975 66593 34461 28475 64823 37867 83165 27120 19091 45648 56692 34603 48610 45432 66482 13393 60726 02491 41273
72458 70066 06315 58817 48815 20920 96282 92540 91715 36436 78925 90360 01133 05305 48820 46652 13841 46951 94151 16094
33057 27036 57595 91953 09218 61173 81932 61179 31051 18548 07446 23799 62749 56735 18857 52724 89122 79381 83011 94912
98336 73362 44065 66430 86021 39494 63952 24737 19070 21798 60943 70277 05392 17176 29317 67523 84674 81846 76694 05132
00056 81271 45263 56082 77857 71342 75778 96091 73637 18772 14684 40901 22495 34301 46549 58537 10507 92279 68925 89235
42019 95611 21290 21960 86403 44181 59813 62977 47713 09960 51870 72113 49999 99837 29780 49951 05973 17328 16096 31859
50244 59455 34690 83026 42522 30825 33446 85035 26193 11881 71010 00313 78387 52886 58753 32083 81420 61717 76691 47303
59825 34904 28755 46873 11595 62863 88235 37875 93751 95778 18577 80532 17122 68066 13001 92787 66111 95909 21642 01989
38095 25720 10654 85863 27886 59361 53381 82796 82303 01952 03530 18529 68995 77362 25994 13891 24972 17752 83479 13151
55748 57242 45415 06959 50829 53311 68617 27855 88907 50983 81754 63746 49393 19255 06040 09277 01671 13900 98488 24012
85836 16035 63707 66010 47101 81942 95559 61989 46767 83744 94482 55379 77472 68471 04047 53464 62080 46684 25906 94912
93313 67702 89891 52104 75216 20569 66024 05803 81501 93511 25338 24300 35587 64024 74964 73263 91419 92726 04269 92279
67823 54781 63600 93417 21641 21992 45863 15030 28618 29745 55706 74983 85054 94588 58692 69956 90927 21079 75093 02955
32116 53449 87202 75596 02364 80665 49911 98818 34797 75356 63698 07426 54252 78625 51818 41757 46728 90977 77279 38000
81647 06001 61452 49192 17321 72147 72350 14144 19735 68548 16136 11573 52552 13347 57418 49468 43852 33239 07394 14333
45477 62416 86251 89835 69485 56209 92192 22184 27255 02542 56887 67179 04946 01653 46680 49886 27232 79178 60857 84383
82796 79766 81454 10095 38837 86360 95068 00642 25125 20511 73929 84896 08412 84886 26945 60424 19652 85022 21066 11863
06744 27862 20391 94945 04712 37137 86960 95636 43719 17287 46776 46575 73962 41389 08658 32645 99581 33904 78027 59009
94657 64078 95126 94683 98352 59570 98258 22620 52248 94077 26719 47826 84826 01476 99090 26401 36394 43745 53050 68203
49625 24517 49399 65143 14298 09190 65925 09372 21696 46151 57098 58387 41059 78859 59772 97549 89301 61753 92846 81382
68683 86894 27741 55991 85592 52459 53959 43104 99725 24680 84598 72736 44695 84865 38367 36222 62609 91246 08051 24388
43904 51244 13654 97627 80797 71569 14359 97700 12961 60894 41694 86855 58484 06353 42207 22258 28488 64815 84560 28506
01684 27394 52267 46767 88952 52138 52254 99546 66727 82398 64565 96116 35488 62305 77456 49803 55936 34568 17432 41125
15076 06947 94510 96596 09402 52288 79710 89314 56691 36867 22874 89405 60101 50330 86179 28680 92087 47609 17824 93858
90097 14909 67598 52613 65549 78189 31297 84821 68299 89487 22658 80485 75640 14270 47755 51323 79641 45152 37462 34364
54285 84447 95265 86782 10511 41354 73573 95231 13427 16610 21359 69536 23144 29524 84937 18711 01457 65403 59027 99344
03742 00731 05785 39062 19838 74478 08478 48968 33214 45713 86875 19435 06430 21845 31910 48481 00537 06146 80674 91927
81911 97939 95206 14196 63428 75444 06437 45123 71819 21799 98391 01591 95618 14675 14269 12397 48940 90718 64942 31961
56794 52080 95146 55022 52316 03881 93014 20937 62137 85595 66389 37787 08303 90697 92077 34672 21825 62599 66150 14215
03068 03844 77345 49202 60541 46659 25201 49744 28507 32518 66600 21324 34088 19071 04863 31734 64965 14539 05796 26856
10055 08106 65879 69981 63574 73638 40525 71459 10371 20628 04390 39759 51567 71577 00420 33786 99360 07230 55876 31763
59421 87312 51471 20532 92819 18261 86125 86732 15791 98414 84882 91644 70609 57527 06957 22091 75671 16722 91098 16909
15280 17350 67127 48583 22287 18352 09353 96572 51210 83579 15136 98820 91444 21006 75103 34671 10314 12671 11369 90865
85163 98315 01970 16515 11685 17143 76576 18351 55650 88490 99898 59982 38734 55283 31635 50764 79185 35893 22618 54896
32132 93308 98570 64204 67525 90709 15481 41654 98594 61637 18027 09819 94309 92448 89575 71282 89059 23233 26097 29971
20844 33573 26548 93823 91193 25974 63667 30583 60414 28138 83032 03824 90375 89852 43744 17029 13276 56180 93773 44403
07074 69211 20191 30203 30380 19762 11011 00449 29321 51608 42444 85963 76698 38952 28684 78312 35526 58213 14495 76857
26243 34418 93039 68642 62434 10773 22697 80280 73189 15441 10104 46823 25271 62010 52652 27211 16603 96665 57309 25471

أحياء

الدهون المهدرجة: ما هي وما أضرارها على صحة الإنسان؟

عبد الكريم كاملي¹، يامنة زاوي²، خيرة غلامي²

¹ أستاذ بقسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

² طالبة سنة خامسة (تخرج) بقسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

abdelkrim.kameli@g.ens-kouba.dz

مقدمة

يتناول الإنسان يوميا أنواعا مختلفة من الأغذية للحصول على العناصر الضرورية التي يحتاجها الجسم، والكمية اللازمة من الطاقة التي تضمن سير وظائفه الأساسية. يشمل الغذاء اليومي المتوازن للإنسان الأنواع الرئيسية من الأغذية المتمثلة في البروتينات والسكريات والدهون، بالإضافة إلى الفيتامينات والعناصر المعدنية والألياف. تُعدّ الدهون بأنواعها المختلفة من بين العناصر الغذائية الأساسية والتي نجدها في الزيوت النباتية والشحوم الحيوانية، والألبان ومشتقاتها، وفي البيض وغيرها من الأغذية الأخرى. تكون معظم الدهون الغذائية النباتية والحيوانية في شكل غليسيريدات ثلاثية triglycerides، تحتوي على كحول غليسرول المرتبط بثلاثة أحماض دهنية. تُمثل الأحماض الدهنية الجزء الأكبر من المادة الدهنية الغذائية التي يتناولها الإنسان يوميا.

الأحماض الدهنية هي أحماض عضوية (R-COOH) طويلة السلسلة إذ تحتوي عادة على أكثر من 12 ذرة كربون. قد تكون الأحماض الدهنية مشبعة (لا تحتوي على روابط مزدوجة) أو غير مشبعة (تحتوي على روابط مزدوجة). بعض هذه الأحماض الدهنية أساسية في الغذاء وأخرى غير ضرورية في الغذاء. تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على روابط مزدوجة واحدة أو أكثر ذات شكل فراغي (هندسي) من نوع Cis (مقرون)، وهو الشكل الفراغي الطبيعي في الدهون الغذائية.

لاحظ المختصون وجود نوع آخر من الأحماض الدهنية غير المشبعة، ذات شكل فراغي مختلف يدعى trans (مفروق) خاصة في الدهون المحولة صناعيا بالهدرجة. لذلك بدأت الدراسات حول هذا النوع من الأحماض الدهنية لمعرفة ما إذا كانت طبيعية أم غير طبيعية، وهل هي مفيدة أم ضارة بصحة الإنسان.

بالرغم من تواجد الأحماض الدهنية المتحولة طبيعيا بمعدلات منخفضة في بعض أنواع الدهون الحيوانية، خاصة في اللحوم والألبان، إلا أنها تتواجد بمعدلات مرتفعة في الدهون المهدرجة صناعيا، وهي التي تنتج بإضافة الهيدروجين إلى الزيوت الطبيعية لتحويلها من الصورة السائلة إلى الصورة الصلبة أو نصف الصلبة حسب درجة الهدرجة. ولعل الصورة الأكثر انتشارا في الصناعات الغذائية لعملية الهدرجة هي المارجرين والتي، نظرا لخواصها المقبولة من طرف المستهلك، كانت ولا تزال كثيرة الاستعمال.

بالرغم من المحاسن التي وقّرتها المارجرين للمستهلك إلا أن العديد من الدراسات أشارت إلى احتمال خطورتها لاحتوائها على نسب عالية من الأحماض الدهنية المتحولة؛ خاصة وأن نسبة معتبرة من الدهون التي يتم تناولها في الوقت الحالي، وهي دهون مهدرجة جزئيا، قد تحتوي على معدلات مرتفعة نسبيا من الأحماض الدهنية المتحولة. من خلال نتائج الدراسات المختلفة، خاصة الوبائية منها، تبين لنا احتمال خطر هذه الأحماض الدهنية على صحة الإنسان، بداية من أمراض القلب والأوعية إلى داء السكري، وأمراض الحساسية، وأمراض السرطان، والاضطرابات العصبية، وحتى التأثير السلبي على تطور الجنين. ونتيجة لذلك، اتخذت العديد من البلدان المتطورة

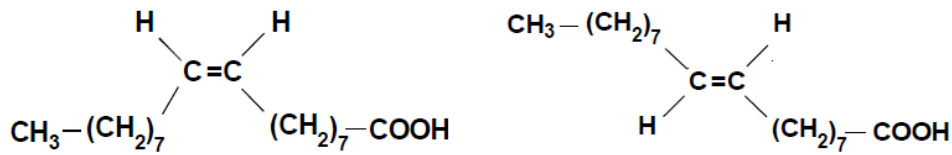
إجراءات مختلفة للحد من استهلاك هذا النوع من الأحماض الدهنية وإيجاد بدائل أخرى لخفض احتمال الإصابة بهذه الأمراض.

ونظرا لغياب الوعي الصحي عندنا في الجزائر، بين عموم الناس وحتى بين المختصين، حول هذه الأحماض الدهنية وخطرها على الصحة، ومدى انتشار هذه الأحماض الدهنية في الأغذية التي نتناولها يوميا، جاءت فكرة إنجاز مذكرة تخرج عن الموضوع ثم فكرة نشر هذا المقال لتعميم الفائدة.

لاحظنا مؤخرا في الجزائر ظهور نوع من الاهتمام حول خطر هذه الأحماض الدهنية من خلال الومضات الإشهارية التي تحاول الترويج لأنواع من المارجرين الخالية من الأحماض الدهنية المتحولة. يهدف هذا المقال إلى التعريف بهذه الأحماض الدهنية والأغذية التي تتواجد فيها، وعرض الأدلة المتوفرة من المراجع العلمية حول احتمال خطر هذه الأحماض الدهنية على صحة الإنسان.

1. الأحماض الدهنية المتحولة (TFA) Trans Fatty Acids

الأحماض الدهنية المتحولة هي أحماض دهنية غير مشبعة، تكون فيها الرابطة المزدوجة في شكل فراغي ترانس (مفروق)، بخلاف الشكل الفراغي المعتاد في الأحماض الدهنية الطبيعية غير المشبعة سيس (مقرون).



حمض دهني غير مشبع مقرون

حمض دهني غير مشبع مفروق (ترانس)

تتواجد الأحماض الدهنية المتحولة بأنواع مختلفة، فقد تكون متعددة لكن بنسبة ضئيلة (ترانس فقط أو خليط من ترانس وسيس)، كما قد تكون أحادية وبالتالي ترانس فقط وهي الغالبة.

2. مصادر الأحماض الدهنية ترانس

توجد الأحماض الدهنية ترانس TFA في عدة مصادر منها ما هو طبيعي ومنها ما هو اصطناعي نتيجة عملية هدرجة (إضافة هيدروجين) أو نتيجة التسخين المتكرر في درجات حرارة عالية. والهدرجة بصورة عامة هي تفاعل إضافة الهيدروجين لإزالة (إرجاع) الروابط المزدوجة أو لأغراض أخرى. وتنقسم الهدرجة التي تؤدي إلى إزالة الروابط المزدوجة إلى طبيعية وصناعية.

أ. الهدرجة الطبيعية (في جسم المجترات): تتم في كرش المجترات بواسطة بكتيريا متعايشة مع الحيوان، وتؤدي إلى تحويل أحماض دهنية غير مشبعة إلى أحماض دهنية مشبعة أثناء عملية الهضم.

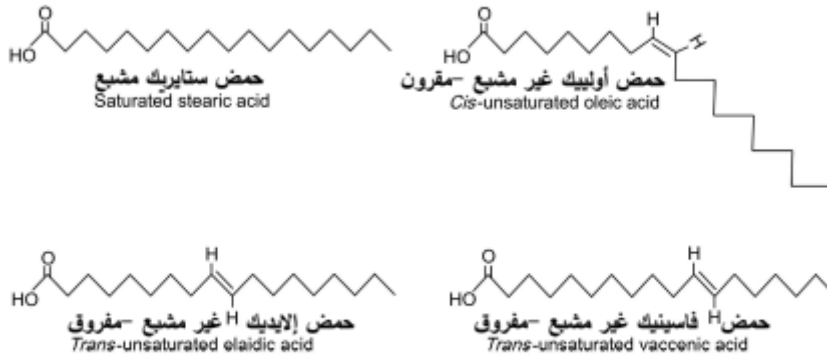
ب. الهدرجة الصناعية: تفاعل كيميائي بين الهيدروجين (H_2) ومركب آخر في وجود محفز (حفاز) مثل النيكل أو البلاديوم أو البلاتين. يتم هذا التفاعل في المخبر أو في المصنع لإرجاع أو إشباع المركبات العضوية في عدة ميادين صناعية، مثل الصناعات الغذائية والبتروكيميائية والصيدلانية وغيرها. وجود الحفاز يجعل من شروط الهدرجة أسهل وفي درجات حرارة أقل. وتؤدي الهدرجة عادة إلى إرجاع الروابط المزدوجة والثلاثية إلى روابط أحادية.

من أهم التطبيقات الصناعية للمهدرجة هي هدرجة الزيوت النباتية التي تحتوي عادة على نسبة معتبرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة الأحادية والمتعددة. تكون الهدرجة عادة جزئية، يتم فيها إرجاع بعض وليس كل الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية المكونة للزيوت. يتم التحكم في درجة الهدرجة عادة عن طريق التحكم في عوامل التفاعل مثل كمية الهيدروجين المستعملة، ودرجة الحرارة، ومدة التفاعل ونوع الحفاز. تؤدي هذه العملية الصناعية إلى تحويل الزيوت النباتية السائلة إلى دهون صلبة أو نصف صلبة حسب درجة التشبع. يرفع تغيير درجة التشبع من نقطة الانصهار ويعطي دهونا مرغوبا فيها في الصناعات الغذائية خاصة عند الخبز أو العجن لتحضير عدد كبير من أنواع البسكويت والحلويات. بالإضافة إلى خصائصها المفضلة في العجن، فإن الدهون المهدرجة تتميز بثباتها وقلة تعرضها للأكسدة، بالإضافة إلى سعرها المنخفض مقارنة بالدهون الصلبة ذات المصدر الحيواني مثل الزبدة.

- **الهدرجة الجزئية:** وهي إضافة الهيدروجين الذي يؤدي إلى تحويل جزء من الروابط المزدوجة وليس كلها، مما يعني أن المادة الدهنية تحتوي على أحماض دهنية مشبعة وأخرى غير مشبعة. وهي الحالة التي نهتم بها أكثر لأن أكثر الدهون المهدرجة الغذائية هي دهون مهدرجة جزئيا وليس كليا.
- **الهدرجة الكلية:** وهي إضافة الهيدروجين إلى الزيوت النباتية لتحويل كل الروابط المزدوجة إلى أحادية أي أن كل الأحماض الدهنية تصبح مشبعة. وهي حالة ترفع من نقطة الانصهار بدرجة كبيرة تجعل المادة الدهنية صلبة بدرجة كبيرة تشبه في قوامها المادة الشمعية، نتيجة لذلك فهي عادة لا تُستعمل في الغذاء أو في الطهي.
- **المعالجة الحرارية:** تسخين الزيوت إلى درجات عالية (تفوق 200 درجة مئوية) ولفترات طويلة يؤدي إلى زيادة نسبة الأحماض الدهنية ترانس في هذه الزيوت.

3. ماهي العلاقة بين نوع الأحماض الدهنية والحالة الفيزيائية للدهون (سائلة أو نصف صلبة أو صلبة)؟

يحدّد نوعُ الأحماض الدهنية الحالة الفيزيائية للدهون (نقطة الانصهار)، حيث تعطي الأحماض الدهنية المشبعة الحالة الصلبة (ترفع من نقطة الانصهار)، بينما تعطي الأحماض الدهنية غير المشبعة الطبيعية (سيس) الحالة السائلة (تخفض من نقطة الانصهار). ويعود ذلك إلى البنية الفراغية (الشكل الهندسي) للأحماض الدهنية المشبعة التي تأخذ أشكالا مستقيمة تمكّنها من التكدّس بدون فراغات، ممّا يسمح بظهور الحالة الصلبة. بينما تؤثر الرابطة المزدوجة من نوع سيس في البنية الفراغية للأحماض الدهنية غير المشبعة بحيث تجعلها غير مستقيمة، ممّا يمنع تكدسها بصورة كبيرة ويسمح بظهور فراغات بينهما، وهو ما يؤدي إلى ظهور الحالة السائلة. لكن بالنسبة للأحماض الدهنية غير المشبعة من نوع ترانس، رغم احتوائها على روابط مزدوجة، فإن الشكل الهندسي للرابطة ترانس يحافظ على الشكل المستقيم للحمض الدهني، ويؤدي بذلك إلى تكدّس الأحماض الدهنية بدرجة عالية، ومنه الحصول على الحالة الصلبة أو نصف الصلبة. والخلاصة أن وجود نسبة عالية من الأحماض الدهنية المشبعة فقط أو مع نسبة من الأحماض غير المشبعة ترانس يسمح بظهور الحالة الصلبة، بينما وجود النسبة العالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة من نوع سيس يسمح بظهور الحالة السائلة للدهون (الزيوت).



4. القوانين التي تحكم المعلومات حول الدهون المهدرجة المصنعة الموجهة لاستهلاك الإنسان

نظرا للجدل القائم حول الأضرار الناجمة عن استهلاك الدهون ترانس في الغذاء التي تؤكدتها التقارير العلمية المستقلة والمحايدة من جهة، والحملة التي تمويلها الشركات المصنّعة للدهون المهدرجة المحتوي على الأحماض ترانس من جهة أخرى، بادرت بعض البلدان إلى وضع تدابير وقائية وتشريعات للحدّ من استهلاك هذه الدهون في الغذاء. ساهمت هذه التدابير في خفض استهلاك الدهون ترانس في هذه البلدان إلى نسب متدنية جدا تقلّل أو تلغي خطر هذه الدهون، وبالتالي تخفّض من احتمال الإصابة بالأمراض المرتبطة بها. في هذا المجال، لجأت العديد من الدول إلى وضع قوانين تضبط المعلومات التي يجب على المنتج أن يضعها في علبة المنتج والتي تتضمن المحتويات ونسبها وكمياتها. تتضمن هذه المعلومات في بعض البلدان، إجباريا، محتوى المنتج من الأحماض ترانس TFA والمواد المضافة والسعرات الحرارية. وأطلقت بعض البلدان حملات توعية حول أخطار الدهون المهدرجة على صحة المستهلك وكيفية التأكد من وجودها ونسبتها في المنتج.

أكد تقرير البرلمان الأوروبي في 2016، أن الدهون المهدرجة جزئيا هي المصدر الأساسي للأحماض الدهنية ترانس TFA. تختلف التشريعات من دولة أوروبية لأخرى حول طبيعة المعلومات التي يجب أن توضع في المنتجات المحتوية على الدهون المهدرجة. ويتفق الجميع بما فيهم المنظمات الصحية في العالم، وخاصة منظمة الصحة العالمية، على ضرورة تقليص نسبة الأحماض الدهنية المتحولة في غذاء الإنسان اليومي إلى أقل من 2%، حتى نقلّل من احتمالات الأخطار الصحية.

5. كيف تؤثر الأحماض الدهنية ترانس على صحة الإنسان؟

تشير معظم الدراسات التي اهتمت بهذا الموضوع إلى أن هذه الدهون تسبب خللا في عمليات داخل الجسم أو داخل الخلايا مثل أيض الدهون، الالتهاب، الإجهاد التأكسدي، إجهاد الشبكية الإندوبلازمية وغيرها، ممّا يؤدي إلى زيادة احتمال الإصابة بأمراض خطيرة أهمها أمراض القلب والأوعية والأمراض الالتهابية.

1.5. أمراض القلب والأوعية

في مقال نُشر في مجلة السكري ومتلازمة الأيض Diabetes and Metabolic Syndrome سنة 2019، تمّت الإشارة إلى وجود أدلة متزايدة، في عدد كبير من الدراسات الوبائية والبيوكيميائية، تثبت أن تناول كميات معينة من الدهون ترانس يزيد من خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية بالإضافة إلى خطر الإصابة بالسرطان وأمراض السكري. حيث وُجد أن زيادة تناول دهون ترانس بنسبة 2% يزيد من خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية بنسبة 23%، وذلك بزيادة الكوليسترول الضار في البروتينات الدهنية ذات الكثافة المنخفضة LDL، وخفض الكوليسترول

النافع في البروتينات الدهنية ذات الكثافة المرتفعة HDL. ومن المعروف علمياً أن أحد أهم عوامل خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية هو النسبة بين الكوليسترول LDL و HDL.

وهناك دراسات كثيرة منذ 1957 إلى يومنا هذا تؤكد وجود علاقة بين أمراض القلب والأوعية ونسبة الأحماض الدهنية المتحولة. حيث أكدت هذه الدراسات أن أنسجة الأشخاص الذين تعرضوا لسكتة قلبية تحتوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية المتحولة، خاصة حمض الأليديك في أنسجة القلب والأوعية والكبد والأنسجة الدهنية. وبالتوازي هناك حملة مضادة من البحوث الممولة من قبل أصحاب مصانع الدهون المهدرجة والمارجرين تسعى لإثبات أن تأثير الدهون المهدرجة غير ضار بصحة الإنسان.

ومن الأدلة القوية على التأثيرات الضارة للدهون ترانس هي نتائج الدراسات الوبائية في بعض البلدان وبعض الولايات في أمريكا التي وضعت قوانين صارمة لتقليل نسبة الأحماض الدهنية ترانس في الأغذية، حيث أدى ذلك إلى تقليل حوادث الإصابة بالسكتة القلبية بنسبة 7.8% مقارنة بالولايات التي لم تتخذ هذا الإجراء.

2.5. إحداء خلل في الخلايا البطانية للأوعية الدموية

في دراسة أجريت على 20 متطوعاً من أشخاص أصحاء خضعوا لنظام غذائي غني بالأحماض الدهنية المتحولة أو بالأحماض المشبعة لمدة أربعة أسابيع، تبين أن النظام الغذائي الذي يحتوي على الأحماض الدهنية المتحولة أدى إلى انخفاض متوسط توسع الأوعية الدموية بنسبة 20%، أي أنها ساهمت في الحد من الاسترخاء الوعائي. كما لوحظ كذلك في الخلايا البطانية المستزرعة، أن أحماض ترانس تثبط تحول حمض اللينولييك إلى حمض الأراشيدونيك (حمض دهني ضروري لنمو الأنسجة)، مما ينتج عنه كبت بناء البروستاسايكلين (prostacyclin)، وهو موسع وعائي له خواص مضادة لتكدس الصفائح الدموية فهو بالتالي مضاد للتخثر.

وفي بلدان مثل النرويج، التي كانت من أوائل البلدان التي وضعت قوانين للتقليل من استهلاك الأحماض الدهنية المتحولة إلى أقل من 0.3% من مجموع الغذاء اليومي في 2018 مقارنة بنسبة 5-10% قبل عشرة سنوات، لوحظ انخفاض كبير في الحوادث القلبية الوعائية مثل السكتة القلبية. لكن قوانين الحد من وجود الأحماض الدهنية المتحولة في الغذاء لا توجد في كل البلدان لذلك لا تزال التأثيرات الضارة لهذه الأحماض موجودة إلى يومنا هذا في معظم البلدان.

أكدت توصيات منظمة الأغذية العالمية ومنظمة الصحة العالمية أن المجتمعات التي لها نظام غذائي غني بالأحماض الدهنية المتحولة تعاني من ارتفاع في نسبة أمراض القلب والأوعية. كما أكدت هذه الدراسات أن البلدان التي اتخذت إجراءات صارمة لمنع تسويق الأغذية التي تحتوي على نسب مرتفعة من الدهون ترانس، مثل الدانمارك، انخفضت فيها الإصابة بأمراض القلب والأوعية بنسبة 50% في مدة عشرين سنة.

لذلك تؤكد هذه الدراسات على أهمية التوعية بخطر تناول الدهون ترانس على صحة الإنسان وتشجيع المنتجات التي تتميز بنسب منخفضة من الدهون ترانس.

3.5. التأثير على الالتهاب

التهاب الأوعية الدموية هو أحد أسباب مرض تصلب الشرايين، إذ تبين من خلال الدراسات أن للأحماض ترانس تأثيراً مباشراً على التهاب الخلايا البطانية للأوعية الدموية. يحفز وجود الأحماض الدهنية ترانس الالتهاب في الأوعية الدموية وهو الخطوة الأولى لمرض تصلب الشرايين. وقد لوحظ أن وجود الأحماض ترانس في الدهون المهدرجة في الغذاء بنسبة 8% يرفع من مؤشر الالتهاب في الدم (CRP).

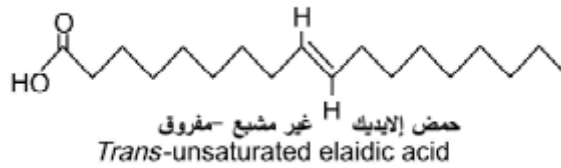
التأثيرات الضارة للأحماض ترانس لا تقتصر على أمراض القلب والأوعية والالتهاب بل تتعدى ذلك إلى أمراض خطيرة أخرى مثل أمراض الربو والحساسية وأمراض السرطان وداء السكري، وحتى الأمراض العصبية مثل الزهايمر لا يكفي المجال في هذا المقال للتفصيل فيها.

6. هل يمكن استبعاد الأحماض الدهنية ترانس كلياً من الغذاء؟

من الصعب إزالة الأحماض الدهنية المتحولة كلياً لأنها متواجدة طبيعياً كما ذكرنا سابقاً في الدهون الحيوانية للحيوانات المجترة مثل الأبقار والأغنام (اللحوم، الأجبان، الحليب ومشتقاته المختلفة). غير أنه يمكن التقليل من الكمية التي نتناولها يومياً في الغذاء من خلال التقليل، إلى أدنى حد ممكن، من الدهون المهدرجة الصناعية، وتقليل كمية الدهون الحيوانية الطبيعية من خلال تناول أغذية قليلة الدهون.

بالرغم من أن نسبة الأحماض الدهنية ترانس المتواجدة طبيعياً قليلة مقارنة بالدهون المهدرجة صناعياً، هناك تضارب كبير في نتائج البحوث التي تقارن بين تأثير الدهون المهدرجة الطبيعية والصناعية على صحة الإنسان. تؤكد العديد من الدراسات على أن التأثير الضار يكون للدهون المهدرجة صناعياً بدرجة أكبر بكثير من الدهون المهدرجة طبيعياً.

تصل نسبة الأحماض الدهنية ترانس في الزيوت المهدرجة جزئياً إلى 60% من مجموع الأحماض الدهنية غير المشبعة في صور مختلفة أهمها حمض الإلديك (C18:1trans9) Elaidic acid الذي يتواجد بنسبة تتراوح بين 80-90% من مجموع الأحماض الدهنية ترانس. تتميز الدهون المهدرجة الصناعية بمزايا في الاستعمال أهمها القوام، والذوق وطول مدة التخزين بدون فساد.



خلاصة

من خلال ما تمّ عرضه في هذا المقال، يتبيّن لنا بوضوح ضرر الأحماض الدهنية ترانس على صحة الإنسان وأن هذا الضرر يزداد بزيادة الكمية المستهلكة منها والمتواجدة أساساً في الدهون المهدرجة جزئياً بصورة صناعية، خاصة منها مادة المرغرين التي تُعدّ من أكثر الدهون المهدرجة استعمالاً في العديد من الأغذية التي متناولها يومياً. ومن خلال عرض بعض نتائج الأبحاث والدراسات التي أجريت، أشرنا إلى أنواع الأخطار المحتملة من خلال ما تسببه من أمراض خطيرة، خاصة منها أمراض القلب والأوعية، وعواقبها الوخيمة مثل السكتة القلبية التي تسبب سنوياً في وفيات كثيرة.

هل من الضروري تناول الدهون المهدرجة؟

ما يحتاجه الإنسان من مواد غذائية دهنية متوفرة في الدهون غير المهدرجة خاصة منها الزيوت النباتية، وأهمها زيت الزيتون الذي يحتوي على أحماض دهنية تقلل من نسب الكوليسترول الضار وتزيد من نسبة الكوليسترول النافع. لكن المشكلة تكمن في أن الدهون المهدرجة يتم تناولها في أشكال مختلفة مثل البسكويت والحلويات والمعجنات وعدد كبير جداً من المنتجات الغذائية المصنعة مما يجعل تفاديها كلياً أمراً صعباً. لذلك علينا أولاً معرفة ما هي المواد التي

تحتوي على نسب مرتفعة من هذه الدهون ترانس وتفايدها إن أمكن أو التقليل منها قدر الإمكان لتقليل خطر الإصابة بهذه الأمراض.

على المستهلك قراءة قائمة المحتويات للتأكد من وجود الدهون المهدرجة جزئيا إن كانت مكتوبة. وفي العديد من البلدان التي تفتقد إلى التشريعات لا تُكتب هذه المعلومات أو تكتب نسبة الدهون دون الإشارة إلى كونها دهونا طبيعية أو مهدرجة جزئيا أو كليا. وهنا يجب على الهيئات الحكومية المختصة، منها وزارة التجارة عندنا في الجزائر، إصدار التشريعات، ثم على هيئات الرقابة التأكد من التزام مصنعي الأغذية ومصنعي الدهون المهدرجة بهذه التشريعات. وفي الأخير نطرح على قارئ المقال سؤالاً قد يواجهه عند الدخول إلى محل بيع المواد الغذائية: **هل يشتري المارجرين أم الزبدة؟** بالرغم أن شكلهما متشابه إلى حد كبير إلا أن أول ما يلفت انتباه المشتري هو فرق السعر بينهما، فسعر المارجرين أقل بـ 4 إلى 5 مرات من سعر الزبدة وهو ما يجعله يميل إلى المارجرين. بغض النظر عن السعر، **أيهما مضر بصحة الإنسان؟** حسب رأينا إن استعمال الزبدة بكميات قليلة أفضل لأنها طبيعية وتحتوي على نسب قليلة جدا من الأحماض ترانس. بالإضافة إلى ذلك فالقاعدة العامة في الغذاء تقول إن الغذاء الطبيعي بكميات مناسبة (دون إفراط) لا يضر بصحة الإنسان، بينما قد تحتوي المارجرين كونها دهونا مهدرجة جزئيا على كميات مرتفعة من الأحماض ترانس خاصة إذا لم تتخذ الإجراءات لتقليلها وإلزام كتابة نسبتها على علب الدهون المهدرجة التي نجدها في رفوف المحلات. على الفرد قراءة المكونات الموجودة في الأغذية قبل تناولها لأن ذلك يؤثر بصورة مباشرة على صحته. **"فالغذاء فيه الداء والدواء، وسلوك الإنسان هو الذي يحوِّله من دواء إلى داء أو العكس."**



تقييم معالجة مياه الصرف الصحي المعالجة وإمكانية إعادة استخدامها في مجال الري

ياسين راطة¹، عبد القادر دواوي²

¹ طالب دكتوراه، مخبر الإنتاج الزراعي والتنمية المستدامة للموارد الطبيعية، جامعة الجيلالي بونعامة، خميس مليانة

² أستاذ، مخبر إدارة وتثمين الزراعة والنظم البيئية المائية، المركز الجامعي مرسلبي عبد الله، تيبازة
rattayassine@gmail.com

الهدف من هذا المقال هو تقييم كفاءة محطة مياه الصرف الصحي لعين الدفلى، ودراسة إمكانية إعادة استخدامها في مجال الري من خلال معاينة المعايير الكيميائية والفيزيائية للمحطة ومقارنتها بالمعايير الدولية والمحلية. أُجريت كل التحاليل على العينات التي أُخذت قبل التصفية وبعدها على طول السنة. وقد لمسنا فعالية المحطة في التصفية من خلال نتائج التحاليل المتحصّل عليها والمتمثلة في نسبة معدل الأس الهيدروجيني السنوي المقدّر بـ 7.86، وكذلك الموصل الكهربائي 1.86 mS/cm والأوكسجين الممتص حيويًا 8.87 ملغ/ل، أما بالنسبة للأوكسجين الممتص كيميائيًا فقد قُدّر بـ 26.26 ملغ/ل. تقع كل هذه التراكيز ضمن حدود المواصفات المسموح بها في مجال الري.

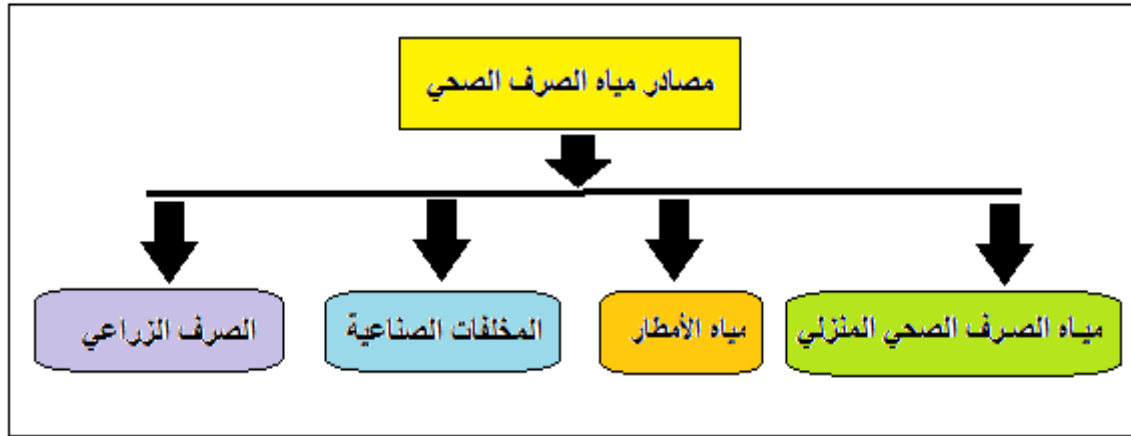
1. المقدمة

تُعدّ الموارد المائية من أهم مقومات الحياة على كوكب الأرض وأحد أهم عوامل استمرار الحياة، كما تلعب دورا هاما في المجال البيئي وخاصة في المجال الفلاحي. شهدت معظم دول العالم تطورا ملحوظا خلال العقود الأخيرة، وأدى ازدياد عدد السكان إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه، حيث بات النقص في موارد المياه مشكلا لا يُختصر في الشرب فقط بل في عدة مجالات أخرى، خاصة في مجال الري. أدى ذلك إلى البحث عن حلول لتحقيق الاكتفاء والقضاء على هذا العجز الملحوظ، عبر التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بطرق مختلفة، حيث درس العديد من الباحثين إمكانية إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة. يرتبط تقييم عمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي بشكل كبير بكفاءة تقنيات عمل وحدات المعالجة، وكذلك بمواصفات المياه التي خضعت للمعالجة في هذه الوحدات، ويتم ذلك عادة بأخذ عينات للحصول على المعلومات اللازمة لتشغيل مختلف الوحدات حسب تراكيز ونوعية مياه الصرف الواردة إلى المحطة. بالرغم من التغيرات المناخية الفصلية والسنوية في تراكيز المؤشرات المدروسة الخاصة بمياه المعالجة الناجمة عن المحطة والموجهة مباشرة لواد شلف، فقد خلصت هذه الدراسة إلى أنها تتوافق مع المعايير العالمية والدولية المنصوص عليها، سواء مياه الصرف الصحي المعالجة المطروحة في الوسط البيئي أو تلك التي تستعمل في مجال الري، وهذا راجع إلى تصميم منشآت المعالجة الخاصة بالمحطة وطريقة التشغيل المناسب لها.

2. الجزء النظري

1.2. مصادر مياه الصرف الصحي

تنتج مياه الصرف الصحي أساساً عن المخلفات السائلة المنزلية الناتجة عن المباني السكنية، وعن المخلفات السائلة الناتجة عن بعض الصناعات الخفيفة كالصناعات الغذائية، بالإضافة إلى مياه الرش ومياه الأمطار التي تصل إلى الشبكة. [11]



الشكل 1. أهم مصادر مياه الصرف الصحي

2.2. مهام محطة معالجة مياه الصرف الصحي

محطة معالجة مياه الصرف الصحي هي عبارة عن مجموعة من الآليات لغرض إزالة الملوثات العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي مع فصل الشوائب الصلبة، بحيث يمكن تصريفها دون الإضرار بالبيئة والصحة العامة أو إعادة استعمالها مرة أخرى في مختلف المجالات بشكل آمن.

3.2. مراحل معالجة مياه الصرف الصحي

تخضع مياه الصرف الصحي بشكل عام إلى عدة مراحل من أجل التخلص من أكبر نسبة ممكنة من الملوثات ومن بينها [4]:

- مرحلة المعالجة الابتدائية (التمهيدية): إزالة بعض المكونات الصلبة ذات الأحجام الكبيرة والمتوسطة من مياه الصرف الصحي، مثل البلاستيك والخشب والمواد القابلة للطفو والرمال.
- مرحلة المعالجة الأولية (البيولوجية): إزالة الجزء الأكبر من المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصحي.
- مرحلة المعالجة الثانوية (المتقدمة): إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي عن طريق الكائنات الحية كالبكتيريا وغيرها.
- مرحلة المعالجة الثلاثية (المتقدمة): إزالة بقايا المواد العالقة وبقايا المواد الصلبة التي لا تزال متواجدة بعد المراحل السابقة. كما تشمل المعالجة الثلاثية أيضاً إزالة جميع المغذيات كالنيتروجين والفوسفور.



الشكل 2. أهم التقنيات المستخدمة في كل مستوى من مستويات المعالجة

3. الجزء العملي

1.3. الموقع الجغرافي لمحطة المعالجة المدروسة

تقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي لبلدية عين الدفلى شمال الولاية وعلى بعد 145 كلم جنوب غرب الجزائر العاصمة، وتتواجد في الجهة الشرقية للبلدية. تم تشغيل هذه المحطة في أبريل 2007، وتقوم بالتصفية عن طريق استخدام "الحمأة منخفضة الحمولة المنشطة" بسعة 50000 Eq/h، وتدفق قدره 12900 م³/يوم. صُممت المحطة من أجل معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية الناجمة عن مدينة عين الدفلى وحماية وادي الشلف الذي يُعدّ نقطة تصريفها النهائية. وحسب الإحصائيات يُقدّر عدد سكان مدينة عين الدفلى عام 2013 بـ 74293 نسمة أي بكثافة قدرها 798.4 نسمة لكل كلم² وبمعدل نمو سكاني يقدر بـ 2.3%.



الشكل 3. الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

2.3. جمع العينات وطرق القياس

أُخذت العينات بشكل دوري بدءاً من شهر جانفي 2017 إلى غاية شهر ديسمبر من السنة ذاتها، مع أخذ قيمة وسطية للتأكد من النتائج. أُخذت العينات الشهرية من موقعين مختلفين هما:

- الموقع الأول: مدخل محطة المعالجة قبل التصفية (N0)؛
 - الموقع الثاني: المخرج النهائي للمحطة بعد التصفية (N1).
- جُمِعت العينات في عبوات بلاستيكية وزجاجية من نوع البولي إيثيلين سعة كل منها 1 لتر، نظيفة ومغسولة بالماء المقطر، مع تثبيت بطاقة لاصقة على كل عبوة مكتوب عليها: اسم العينة؛ التاريخ؛ وموقع أخذ العينة. بعد ذلك تُجمع العينات وتُنقل بواسطة حاوية مبردة إلى المخبر لإجراء التحاليل خلال فترة لا تتجاوز 24 ساعة، حيث تجرى جميع التحاليل وفق الطرق القياسية المعتمدة عالمياً لتحليل مياه الصرف الصحي. [1]، [12]
- من أجل قياس تركيز الأكسجين المنحل (pH) وتراكيز الموصل الكهربائي CE وكذلك درجة حرارة الماء T° ، قمنا باستخدام جهاز WTW3240 صنع شركة ألمانية.
 - من أجل قياس تركيز المواد الصلبة العالقة (MES) اتبعنا طريقة AFNOR, NF EN 872 باستخدام أوراق الترشيح ذات مسامات جد صغيرة (47 ميكروميتر).
 - من أجل قياس تركيز الأكسجين الممتص حيويًا (DBO_5) اتبعنا طريقة ISO;5815-1989.
 - من أجل قياس تركيز الأكسجين الممتص كيميائياً (DCO) اتبعنا طريقة الأكسدة مع زيادة ثنائي كرومات البوتاسيوم في الوسط الحمضي.

4. النتائج والمناقشة

يبين الجدول 1 النتائج الوسطية لقياس بعض التراكيز المنحلة في المياه عبر المدخل ومخرج مياه الصرف الصحي المعالجة.

الجدول 1. نتائج التراكيز المنحلة في مياه الصرف الصحي غير المعالجة والمعالجة

مدخل محطة المعالجة قبل التصفية (N0)						المخرج النهائي للمحطة بعد التصفية (N1)						المكان
MES	DBO5	DCO	T	PH	Cond	MES	DBO5	DCO	T	PH	Cond	العناصر
مغ/ل	مغ/ل	مغ/ل	C°	-	ms/cm	مغ/ل	مغ/ل	مغ/ل	C°	-	ms/cm	الوحدات
215,60	180,00	223,75	15,03	7,59	1,87	13,76	4,60	23,40	13,68	7,58	1,87	جانفي 2017
536,25	183,75	402,50	16,41	7,82	13,62	18,75	6,78	27,73	15,66	7,70	1,96	فيفري 2017
249,25	185,00	342,75	17,72	7,86	2,02	10,56	6,08	25,68	17,32	7,88	1,95	مارس 2017
227,33	161,67	520,67	19,85	7,88	2,49	32,33	20,73	29,20	19,65	7,85	1,98	أفريل 2017
202,40	251,75	278,48	22,07	7,84	2,08	16,30	7,65	34,50	21,98	7,83	1,98	ماي 2017
174,00	191,25	368,25	25,33	7,78	1,83	16,80	8,95	34,43	25,27	7,75	1,84	جوان 2017
252,50	242,25	477,25	26,91	7,80	2,02	19,25	7,20	33,30	27,28	9,25	1,91	جولية 2017
310,00	258,20	482,20	27,55	7,74	1,93	13,32	9,38	29,46	28,63	7,76	1,78	أوت 2017
181,00	269,25	367,75	25,62	7,82	2,01	15,23	15,60	32,65	25,32	7,74	1,76	سبتمبر 2017
202,75	197,50	399,50	22,80	7,85	1,97	17,94	9,33	28,08	21,50	7,80	1,90	أكتوبر 2017
131,67	195,33	292,33	18,66	7,83	1,85	13,37	4,30	26,00	18,21	7,61	1,74	نوفمبر 2017
284,75	232,75	374,75	15,39	7,90	1,82	15,43	5,88	26,78	15,15	7,60	1,72	ديسمبر 2017

1.4. تراكيز التلوث في مياه الصرف الصحي

أظهرت نتائج الدراسة ارتفاعاً في محددات التلوث في المياه الواردة إلى المحطة كما هو موضح في الجدول 1. كما تعكس هذه التراكيز خطورة تصريف المياه في وادي الشلف بدون معالجة، لأن المشكلة تتفاقم مع انخفاض تدفق منسوب الوادي. لذلك كان إنشاء هذه المحطة ضرورياً حفاظاً على الوسط البيئي وخاصة وادي الشلف. إن التراكيز التي سجلها الأس الهيدروجيني تتراوح ما بين 7.59 و 7.60، أما بالنسبة إلى الوصل الكهربائي فهي تتراوح ما بين 1.82 و 13.62 ms/cm. علماً أن هذه القيم ضرورية لنشاط البكتيريا الهوائية في عمليات التهوية، خاصة منها الأس الهيدروجيني، إضافة إلى تقليل التآكل في المعدات المعدنية للمحطة [9] أو الأوساط البيئية الأخرى. أما درجات الحرارة فقد تراوحت بين 15.03 و 27.55 درجة مئوية (الجدول 1)، وهي لا تتعدى 30 درجة كقيمة قصوى مسموح بها حتى لا يكون هنالك تأثير على التفاعلات الكيميائية. تراوحت القيم التي سجلتها دراسة الأكسجين الممتص حيويًا ما بين 161.67 و 269.25 ملغ/ل، وقيم الأكسجين الممتص كيميائياً ما بين 223.75 و 520.67 ملغ/ل. أما المواد الصلبة العالقة فكان مداها ما بين 131.67 و 536.255 ملغ/ل (الجدول 1).

مقارنة هذه التراكيز مع القيم المسموح بها في الوسط الطبيعي أو حتى تلك التي تستعمل في مجال الري تعكس مدى أهمية معالجة مثل هذه المياه قبل تصريفها. تمثل التراكيز العالية من DBO و DCO قيمة المواد العضوية التي تستهلك الأكسجين الذائب والذي يؤدي إلى هجرة وموت الأحياء المائية [6]. بالإضافة إلى ذلك فإن التراكيز العالية للمواد الصلبة العالقة تجعل المياه غير صالحة للاستخدام نتيجة قتلها للأحياء المائية غير القادرة على تحمل الأوساط العكرة.

2.4. تراكيز مياه الصرف الصحي المعالجة وكفاءة المعالجة

يبين الجدولان 1 و 2 قيم التراكيز للمحددات المدروسة للمياه الواردة للمحطة (N0) والمياه المعالجة (N1) ونسب كفاءة المعالجة والتي قُدرت حسب المعادلة الآتية

$$\% = \left\{ \frac{\text{المعدل السنوي لتركيز المحدد للمياه غير المعالجة (N0)} - \text{المعدل السنوي لتركيز المحدد للمياه المعالجة (N1)}}{\text{المعدل السنوي لتركيز المحدد للمياه غير المعالجة (N0)}} \right\} \times 100$$

إن التراكيز التي سجلها الأس الهيدروجيني في مياه الصرف الصحي المعالجة تتراوح ما بين 7.58 و 9.25، وهذه التغيرات في التراكيز ناتجة عن المياه القاعدية الغنية بالبicarbonات ووسائل التنظيف وطريقة المعالجة في المحطة حسب الفصول، وكذلك نتيجة طبيعة زيادة بعض المحددات التي تزيد من القاعدية أثناء المعالجة مثل النترات. كما تُعدّ هذه التراكيز مناسبة لإعادة استخدام هذه المياه في مجال الري (6.5-8.5). [2]، [7]، [10]

أما بالنسبة إلى تراكيز الوصل الكهربائي فهي تتراوح ما بين 1.72 و 1.98 ms/cm، وهي تلعب دوراً رئيسياً في تحديد جودة مياه الصرف الصحي المعالجة، حيث تعكس درجة التمعن الكلي وتُخبرنا عن معدل الملوحة.

تظل هذه القيم أقل من القيمة الحدية لنوعية مياه الري التي تقل عن 3 ms/cm المحددة في [7]. كما أن قيم هذه التراكيز لا تسبب أي خطر على الخصائص الفيزيائية للتربة [2]. أما درجة الحرارة فقد تراوحت بين 13.68 و 28.63 درجة مئوية (الجدول 1)، وهي لا تتعدى 30 درجة كقيمة قصوى مسموح بها، حيث أن درجة حرارة مياه الري التي تزيد عن 15 درجة مئوية تساعد في تطوير الكائنات الحية الدقيقة. [12]

تراوحت القيم التي سجلتها دراسة الأكسجين الممتص حيويًا ما بين 4.3 و 20.73 ملغ/ل، وقيم الأكسجين الممتص كيميائياً ما بين 23.4 و 35.5 ملغ/ل. أما المواد الصلبة العالقة فكان مداها ما بين 10.56 و 32.33 ملغ/ل (الجدول 1). نلاحظ أن قيم كل من DBO₅ و DCO و MES تتوافق مع معايير التصريف عند مخرج المحطة الموصى

بها من قبل الجريدة الرسمية الجزائرية لسنة 2006، وأقل من القيم المسموح بها لمياه الري لمنظمة الأغذية والزراعة لسنة 1988. إلا أنه مع ارتفاع هذه التراكيز المتمثلة في شكل مادة عضوية (MES و DBO5) فقد تتأثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة المسقية بتلك التراكيز العالية [10].

قُدرت كفاءة التخفيض الخاصة بالأكسجين الممتص حيويًا بنسبة 95.82% وهي بحدود 92.25% بالنسبة للأكسجين الممتص كيميائيًا. أما بالنسبة للمواد الصلبة العالقة فقُدرت بنسبة 93.16%، وهي كفاءة جيدة إذا ما قورنت بالتراكيز التي سُجلت في مدخل المحطة قبل التصفية (N0). وقد تراوحت كل هذه التراكيز ضمن الحدود المسموح بها في الوسط البيئي أو إعادة استعمالها في مجال الري وفقًا لشروط وخصائص محددة، سواء تلك التي لها علاقة بالتربة أو طريقة الري. وقد يعزى ارتفاع كفاءة المحطة إلى قدرتها على التحميل الزائد للملوثات المتواجدة في مياه الصرف الصحي الخاص بالمنطقة. [3] كما أكدت بعض الدراسات أن محطات المعالجة التي تعمل بنظام الحمأة النشطة تُعد من أفضل محطات المعالجة للمياه الصرف الصحي مقارنة مع الأنظمة الأخرى. [8]

الجدول 2. نتائج الكفاءة لمحطة المعالجة

العناصر	Cond	T	DCO	DBO5	MES
مدخل محطة المعالجة قبل التصفية (N0)	2,96	21,11	377,52	212,39	247,29
المخرج النهائي للمحطة بعد التصفية (N1)	1,87	20,80	29,27	8,87	16,92
الكفاءة (%)	36,95	1,46	92,25	95,82	93,16

5. الخلاصة والتوصيات

من خلال البحث الذي أجريناه عن طريق دراسة البحوث السابقة أو عن طريق المتابعة الميدانية، توصلنا إلى أنه مع التغيرات المناخية الملحوظة خلال الآونة الأخيرة وندرة المياه العذبة، يمكننا اللجوء إلى استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة عن طريق محطات المعالجة. فنتائج تراكيز المياه المعالجة المدروسة والتي لا تتعدى القيم المسموح بها، سواء تلك القيم الخاصة بالري أو تلك التي يمكن تصريفها في الوسط البيئي كالمجري المائية السطحية، تؤكد كفاءة جيدة للمحطة على وجه العموم. أما التوصيات والاقتراحات التي يمكن تقديمها فهي:

- تطوير محطة معالجة مياه الصرف الصحي المدروسة مع مرور الوقت نتيجة التزايد النمو الديموغرافي؛
- إضافة بعض وحدات المعالجة للمحطة؛
- عدم دمج مياه الصرف الصحي الخاصة بالمؤسسات الصناعية مع المحطة إلا إذا توفرت معدات أخرى للمحطة من أجل تصفية هذه الملوثات؛
- إجراء دراسات أخرى في مجالات مختلفة من أجل استكمال هذا البحث.

المراجع

- [1] Afnor, Qualité des sols, échantillonnage, méthode de prélèvement d'échantillon de sol pour analyse physico-chimique en vue d'une interprétation agronomique (NF x31 100.Paris), 1996.
- [2] Ayers, R.S. & Westcot, D.W., Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome, 1985.
- [3] Edokpayi, J.N., Odiyo, J.O., Msagati, T.A. & Popoola, E.O., Removal Efficiency of Faecal Indicator Organisms, Nutrients and Heavy Metals from a Peri-Urban

Wastewater Treatment Plant in Thohoyandou, Limpopo Province, South Africa, International Journal of Environmental Research and Public Health, 12 (7), 7300-7320, 2015.

[4] FAO, User Manual for Irrigation with Treated Wastewater, FAO Regional Office for the Near East, 2003.

[5] Hillel, D., Introduction to Environmental Soil Physics, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 2004.

[6] E.M. Hodnet and J. Tai . Antitumor activities and rates of hydrolysis of Schiff bases. J. Med. Chem., 14, 115(1971).

[7] Journal Officiel de La République Algérienne, Annexe, spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, N° 41, p. 18-21, 2012.

[8] Patel, S.K., Rajor, A., Jain, B.P. & Patel, P., Performance Evaluation of Effluent Treatment Plant of Textile Wet Processing Industry: A Case Study of Narol Textile Cluster, Ahmedabad, Gujarat. Performance Evaluation 2 (4), 2013.

[9] Pati, S., The Chemistry of Carbon Nitrogen Double Bonds, John Wiley & Sons Ltd, New York, 1970.

[10] Pescod, M. B. Wastewater Treatment and Use in Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 47, FAO, Rome, 1992.

[11] Ramade, F., Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience international, 2000.

[12] Rodier, J., L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Dunod, Paris, 1996.



تاریخ و ایستمولوجیا

من خلال عدسة الإسلام: "ما قبل تاريخ" النظارات، على ضوء بعض المصادر العربية (1)*

فريد بن فغول

باحث حرّاليا، مساعد بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية

في إطار جامعة ي. ف. جوته في فرانكفورت سابقا

benfeghoul@em.uni-frankfurt.de

مقدمة

ليس من الغلو أن نقول إن التراث العربي الإسلامي معين لا ينضب، بل بحر لم تُسبر بعد كل أغواره، وبين حين وآخر يجود على الغواصين فيه بشيء من درّه. ومن تلك التحف النفيسة التي لم نكن نتوهمها أصلاً نصوص تراثية مهمة لا تزال غير معروفة إلا قليلاً، ومن ثم لم تُستغل بعد في كتابة تاريخ العلوم العام مع أنها تشهد للحضارة العربية الإسلامية بمعرفة العدسات المكبرة للقراءة منذ القرن الرابع الهجري/العشر الميلادي. لذلك يسعنا أن نقول إن «ما قبل تاريخ» الآلات المساعدة على الإبصار، التي ظهرت في أوروبا في منتصف القرن الثالث عشر الميلادي، ظلّ دفين المصادر العربية حتى الآن.

من الحقائق المسلّم بها عالمياً أنه من بين الاكتشافات التي حققتها براعة الإنسان، تحظى الآلات البصرية، من البسيطة كـ «حجر القراءة» والعدسات المكبرة؛ إلى المتوسطة التعقيد كالنظارات؛ إلى الأكثر تعقيداً كالناظور وغيره، بمرتبة عالية. ونظراً إلى الفوائد البديهية للنظارات كمثال، وتطوراتها التقنية عبر القرون وقيمتها الحضارية المتميزة، فقد احتُفل بها احتفالاً عظيماً وأصبحت موضوعاً للكثير من البحوث العلمية منذ زمن طويل.

إلى جانب كونها الأداة البصرية المرموقة التي نعرفها اليوم، مع تأثيرها الحاسم في جميع مناحي الحياة، تُغيّر النظارات منظورنا إلى العالم. وبملازمتها لجسم الإنسان أصبحت من المكملات التي لا غنى عنها في حياتنا العصرية بمختلف وجوهها [36]. ولكونها واحدة من «أعظم هدايا الإنسانية لنفسها» [31]، هناك حاجة طبيعية لمعرفة الظروف التي أدت إلى هذا الاكتشاف التاريخي المذهل، أي من صاحبه وما زمنه ومكانه وكيفية إنشائه.

ومن البديهي أن اللحظة السحرية الأولى التي اكتشف فيها الإنسان القوة المكبرة لحجر شفاف كالهواء أو الماء الصافي، كالبلور والزجاج، ستبقى مخبوءة في طيّات الزمن إلى الأبد. إلا أن معرفة الأمور التاريخية القريبة منا نسبياً لا تزال هي الأخرى تحتجب عنا. وعلى الرغم من هذا الاحتجاب، ما فتئ الفضول البشري يحاول العودة إلى الماضي المنسي طلباً لجذور الأشياء القريبة منا اليوم. ووجد أحد مشاهير علماء البصريات المستشهد به كثيراً في هذا المجال طريقة فكاهية للتعبير عن ذلك، إذ قال: «لقد أُلّف الكثير عن اختراع النظارات، بين قِيم وتافه، لكن الحصيلة هي أنّ العالم وجد عدسات على أنفه دون أن يعرف من يشكر على ذلك» [25]، [28]، [10].

هذا الاقتباس الظريف لفاسكو رونكي Vasco Ronchi -هو باحث إيطالي غزير الإنتاج (1897-1988م) [4]، ساهم كثيراً في تقدّم علم البصريات وتاريخه- يكشف منذ البداية عن جاذبية هذا الاختراع التاريخي الحاسم.

1. العدسات المبكرة

يُعتبر علماء الآثار ومؤرخو البصريات أنّ أقدم العدسات التي اكتشفت حتى الآن تعود إلى بضعة آلاف السنين، وقد عُثر على مئات القطع من البلّور (الكريستال الصخري) والمصنوعات الزجاجية، في أماكن كثيرة [34]. لكن الخبراء يختلفون في استخدامها: فهي عدسات للتكبير أم عدسات محرقة لإشعال النار أو للكيّ الطبيّ بالإحراق (بتركيز الأشعة الشمسية في بؤرتها)، أم لترصيع الأثاث واللباس، أم قطع زخرفية، أم للألعاب؟ [11] أشهر هذه العدسات، وإن لم تكن أقدمها (750-710 ق.م). عدسة نينوى Nineveh أو نمروود Nimrod أو لايارد، تذكيراً بمكتشفها A. H. Layard (1817-1894م) [17] في عام 1850م في قصر نمروود في نينوى (في شمال العراق) والتي كُتب عنها الكثير [34]. ونتيجة البحث هي أنّ هذه العدسات المبكرة لا يمكن عدّها أيّ منها من الآلات المساعدة على الرؤية والقراءة بشكل لا لبس فيه. أما بالنسبة للأعمال الحرفية والفنية المتناهية الصغر، فقد كان يمكن القيام بها دون الحاجة إلى عدسات مكبرة إمّا بما يسمّى بتقنية «ثقب الإبرة» "pinhole" technology، أي استخدام آلة -شبه النظارة- بلا عدسة، فيها ثقب صغير يسبّب نوعاً من التكبير، أو من قبل أفراد يعانون من قصر النظر الشديد لديهم مهارة صناعية عالية. علماً بأنّ قصيري البصر يمكنهم رؤية الأشياء مكبرة وواضحة عند تقريبها من العين [6]، [37].

2. العدسات في العصور الكلاسيكية القديمة

فُصِّصَ البصر الشيخوخي presbyopia آفة تعاني منها البشرية جمعاء. وتذكر بعض المصادر المكتوبة في العصور الكلاسيكية القديمة فقدان حدة البصر لدى شخصيات تاريخية، كشيشرين Cicero السياسي والكاتب الروماني الشهير والخطيب البليغ (ولد سنة 106 ق.م) الذي كان يشكو الحسور الشديد [19]، واستخدام الوسائل البسيطة للتخفيف من ذلك. فذكر سينيكا Seneca (4 ق.م-65م)، معلّم الإمبراطور نيرون (37-68م) ومستشاره، عدسة بدائية هي عبارة عن كرة زجاجية مملوءة بالماء يمكن من خلالها «رؤية الحروف مهما صغرت وقلّ وضوحها، بشكل أكبر وأكثر وضوحاً» [33].

وللكاتب الروماني الشهير بلينيوس الأكبر Pliny the Elder (23 أو 24 - 79م) سطور مشهورة يقول فيها «إنّ الإمبراطور نيرون كان يشاهد قتال المجالدين في (! زمردة» [22]. فأسال هذا الحديث الكثير من الحبر، منذ قتل ليسينج Lessing الشاعر العلامة الألماني (1729-1781م) هذا الموضوع بحثاً [7]. ومع ذلك، يرى العديد من العلماء أنه «لعلّ نيرون إنما استعمل الزمردة ليريح عينيه من وهج ساحة القتال» [22]، لكن بلينيوس نفسه يذكر الزمرد لنفعه من كلال العيون فقط [22].

والعدسات المحرقة المذكورة آنفاً، والتي ذكرها أريستوفانس Aristophanes (424 ق.م) [1] وإيزيدور الإشبيلي Isidore of Seville (560-636م) [2] وبلينيوس [12] وغيرهم، فكانت منتشرة في كلّ العالم خاصّة في الصين والهند لإشعال نار طاهرة في طقوسهم الدينية [16]، [24]. خلاصة الكلام أنّ الإغريق والرومان والصينيين والهنود كانوا يعرفون العدسات المصنوعة من الزجاج أو البلّور لأغراض عديدة، ولكن ليس من أجل التكبير. وكما لاذ أخيراً كان القدماء كشيشرين وأمثالهم يلجؤون، بعد سن الخمسين، إلى أرقائهم ليقرأوا لهم المخطوطات [21].

3. العدسات في العصور الوسطى: البلّور و«حجر القراءة» والآلة المكبرة

لقد عُرف البلّور -بالإنكليزية rock crystal، وبالفرنسية cristal de roche أي الكريستال الصخري- وهو نوع من الكوارتز الشفاف العديم اللون، منذ العصور السحيقة لقيّمته الجمالية والرمزية، واستُخدم لإنتاج التحف

الفاخرة المثمنة والمثني عليها في الشرق والغرب. غير أن هذا الحجر اتخذ أيضًا أشكالًا متواضعة من الوجود باستخداماته العملية، على سبيل المثال لا الحصر، كعدسة محرقة، ثم بصفة خاصة كعدسة مكبرة، لما عُلم أن الطاعنين في السنّ المصابين بقصوّ البصر الشيخوخي يمكنهم الاستعانة به على القراءة. و«حجر القراءة» هذا عبارة عن قطعة من البلّور (واستثنائيًا من الأحجار الكريمة، وفيما بعد من الزجاج) المنحوت بشكل نصف كروي، مستوٍ من وجه ومحدّب من الوجه الآخر، مُحكّم الصقل ليُرى ما وراءه بوضوح. وتتمّ القراءة به بوضع سطحه مباشرة على ما يراد قراءته (الشكل 1).

ولا يُعرف متى بالضبط وفي أيّ ظروف ظهر حجر القراءة في أوروبا في العصور الوسطى، إلّا أنه يُفترض عمومًا أنّ ذلك كان في منتصف القرن الثالث عشر الميلادي تقريبًا، بعدما أنجزت أول ترجمة لاتينية لكتاب «المناظر» للحسن بن الهيثم -الذي سمّوه باللاتينية Alhacen ثمّ Alhazen- حول البصريّات بعنوان De Aspectibus أو Perspectiva حوالي سنة 1200م [32]. بناءً على ذلك يُزعم أنّ ابن الهيثم هو الذي ألهم روجر بيكون Roger Bacon-الراهب العلامة الذي لقّب بـ«الدكتور العجيب» Doctor mirabilis- بالتفكير في حجر القراءة، والرهبان الجرفيين بصناعته [30]، غير أنه لا يوجد دليل على أنّ الأمور كانت على هذا النحو.

في ذلك الوقت لم يكن لهذه الآلة الجديدة مصطلح محدّد، فلم يطلق عليها اسم خاص إلّا في «لوائح نقابة فنّ عمّال الكريستال» في البندقية عام 1300م، بحيث سُمّيت بمصطلح لاتيني هو lapides ad legendum [10] «أحجار للقراءة» ومن هنا جاءت تسميتها بالإيطالية pietra di lettura وبالفرنسية pierre de lecture (أو pierre à lire) وبالألمانية Lesestein، إلخ. بعدما ظهر حجر القراءة في البداية في الأديرة، كما يُزعم، شاع بين الجمهور وذاع، حتّى أنه وجد تعبيرًا شعريًا في عدد من القصائد بالألمانية والفرنسية [21] والإيطالية [9]، بل انصبغ بصبغة روحانية [20]، [8]، [31].

وسرعان ما استُبدل البلّور بزجاج مورانو Murano (جزيرة بقرب البندقية) الشهير لنقائه وشفافيته، والذي اشتهر البندقيون بإنتاجه الصناعي وإتقانه في نهاية القرن الثالث عشر الميلادي، فصُنعت منه كذلك أحجار القراءة (الشكل 1) وربّما النظارات [10]. بعد الخطوة الأولى المشار إليها أعلاه، كانت الخطوة التالية صُنع عدسة رقيقة محدّبة الوجهين، ووضعها في إطار (من خشب أو جلد أو قرن أو حديد)، ثم تزويدها بمقبض تمسك به، وهكذا وُلدت المكبرة. أمّا الخطوة الثالثة فهي النظارات التي سنأتي على ذكرها فيما بعد.

هذا ويجب التأكيد في هذا السياق على أنّ مسألة التكبير والعناية به كانت نقطة مهمة لفترة طويلة قبل تأثير ابن الهيثم الذي لا يمكن إنكار دوره في تطوير البصريّات على العموم. وقد احتجّت جينيفرا كورنبلوث Geneva Kornbluth، مصوّرة وباحثة أمريكية في تاريخ الفن، بشكل مقنع بأن الخصائص المكبرة للبلّور كانت معروفة في الغرب بحلول القرن التاسع الميلادي على الأقل، وأن «التكبير قد لاحظته وفهمه واعتمده عن قصد الفنانون الكارولنجيون Carolingians في منقوشاتهم الحجرية الفاخرة (glyptics)» [13]، [14] مئات السنين قبل ظهور حجر القراءة، غير أنه من الواضح أنهم استخدموا التكبير لأسباب جمالية لا للقراءة، كما سلّمت به الباحثة.

ومن ناحية أخرى فإنّ الراهب الجرفي البينديكتيني Benedictine ثيوفيلوس بريسبيتر Theophilus Presbyter (حوالي 1070-بعد 1125م)، يذكر فن تلميع البلّور في كتابه حول الحرف المختلفة، إلّا أنه لا يشير بالمرّة إلى استخدام البلّور للتكبير [35]. هذا وإنّ خزائن المتاحف والكنائس توجد فيها تحف مقدّسة محفوظة في علب عليها بلّورات لتكبير محتواها، فمن الجائز أن مبدأ التكبير هذا طُبّق على تكبير الخط [30]، غير أنّه لا يوجد دليل على هذا. فلنا أن نتساءل هنا، لماذا استغرق الأمر أكثر من ثلاثة قرون قبل إدراك فائدة البلّور لتسهيل القراءة مع استيفاء الشروط لذلك حينئذ؟ ولماذا كان على هذا الاكتشاف أن ينتظر دافعًا من أعمال ابن الهيثم البصرية كما

يُعتقد؟ مع كل ما في جواربنا من الغرابة، فحجر القراءة، على ضوء ما نعرفه الآن، لم يتطور لا من فنّ المنقوشات الحجرية الكارولنجي، ولا من معرفة الحرفيين الحاذقين بعمل البلّور ولا من مبدأ تكبير التحف الكنائسية. وبالمناسبة لم يطرح أحد مثل هذه الفرضية على الإطلاق. لكن ينبغي لنا، سعيًا منّا للوضوح والإنصاف، أن نقول إن هذه المسائل فيها نظرواؤها بحاجة إلى التدقيق.

4. إنقاذ نادر: حجر قراءة قرووسطي يعود إلى حوالي عام 1270م

تعتبر أحجار القراءة القرووسطية الأصلية نادرة للغاية اليوم، وعلى ما يبدو لا تملك إلا متاحف قليلة نموذجًا منها في مجموعتها [15]، [30]. ومن المرجح أنّ عند نهاية القرن الثالث عشر أصبحت أحجار القراءة مهجورة أو نادرة الاستخدام، في حين أنّ العدسة المكبرة (loupe أو magnifier) لا تزال مستخدمة إلى يومنا هذا. وبالتالي لم يُعثر إلى الآن على رسم لحجر القراءة من العصور الوسطى. أمّا الصور الحديثة لأحجار القراءة فهي عبارة عن صور مركبة لعدسات أعيد صنعها موضوعة على صفحات مخطوطة أعيد نشرها بالطبع التصويري [31]، لغرض توضيحي أو تعليمي.

لذلك يزيد اهتمامنا وحماستنا عند اكتشاف نموذج من هذه الآلة النادرة التي نجت من الاندثار، ألا وهي حجر للقراءة من الزجاج لا من البلّور، يعود إلى ما قبل عام 1270م (الشكل 1). وعلى حدّ قول مالكة، الدكتور هانز فالتر روت Hans-Walter Roth فإنّ الحجر له المواصفات التقنية التالية: قوة الانكسار: $+15.32$ ديوبتر؛ القطر: 5.68 سم؛ الوزن: 284 جرام. وكما ثبت الآن بواسطة المطياف، أصل الزجاج من مورانو. أما العيوب الصغيرة كفقاعات الهواء والأجسام الغريبة الغائصة فيه فهي مؤشر على عمره؛ والنماذج الحديثة، وهي غالبًا في شكل ثقالات ورق، خالية من هذه الشوائب [30].



الشكل 1. صورة مركبة لحجر قراءة مستوٍ محدّب، مصنوع من زجاج مورانو، من حوالي عام 1270م، موضوع على وثيقة إمبراطورية بتاريخ 1444م. الصورة: بمجاملة الدكتور هانز فالتر روت، معهد الصناعة العلمية للعدسات اللاصقة، أولم Ulm، ألمانيا.

5. النظارات في القرون الوسطى

إنّ الابتكار الحاسم، بعد الخطوتين المذكورتين أعلاه، عبارة عن ضمّ عدستين صغيرتين وتثبيتهما في طرفيهما بـبرشام: هذه هي لحظة ولادة النظارات الأولى التي كانت توضع بشكل غير مستقرّ على الأنف وكانت تُمسك غالباً إما من فوق وإما من الجانب، لأنّ أقدم النظارات لم تكن مزوّدة بذراع. ومن الناس من كان يحملها دون مسكها، وبذلك أصبحت أول آلة ملازمة للجسد، وإن شئنا قلنا هذا أول تملُّك الجسد للآلة. وبقيّة القصة سلسلة طويلة من التغييرات والتكيّفات لتلبية الاحتياجات المتعددة حتى اليوم [23].

تعود كتابة تاريخ اختراع النظارات إلى القرن السابع عشر الميلادي [27]، وتلقّى اهتماماً بالغاً [10]، [23]، [29] ومتزايداً منذ ذلك الحين، ولدينا الآن بـبليوغرافيا غزيرة حول هذا الموضوع الشيق [18]، [5]. كما أنّ تاريخ الفنون التشكيلية والاكتشافات الأثرية ثمّ المتاحف والمجموعات العامة والخاصة تمدّنا كذلك بمواد ثمينة وإضاءات منهجية قيّمة لدراسة الأدوات البصرية المساعدة على الرؤية.

وكانه يجيب على رونكي (المذكور أعلاه) عبر العصور، قال راهب دومينيكاني مشهور لبلاغته وسعة علمه، اسمه جوردانو دا بيزا Giordano da Pisa أو جوردانو دا ريفالتو Giordano da Rivalto (1255-1311م)، في خطبة ألقاها في عام 1306م من منبر الكنيسة الدومينيكانية سانتا ماريا نوفيلّا Santa Maria Novella في فلورنسا: «لم تمرّ عشرون سنة على اكتشاف فن صناعة النظارات المفيدة للرؤية الجيدة، وهو من أفضل الفنون وأشدّها ضرورة في العالم. وهذه إلّا فترة قصيرة جدّاً حيث اكتشف فيها هذا الفن الجديد، الذي لم يكن موجوداً من قبل. ثمّ قال المحاضر [جوردانو]: رأيت أنا أوّل من اكتشفها واستعملها، وتحدثت معه.» [10]

وهذا الاقتباس في غاية الأهمية، إذ هو أول دليل موثّق على أنّ النظارات صُنعت لأول مرة حوالي عام 1285م، على الأرجح على يدي جرفيّ كان يعيش في بيزا أو ضواحيها [10]، وينقل لنا لأول مرّة في التاريخ الاسم الإيطالي للنظارات المعروف إلى الآن أي أوكيالي occhiali (وسُمّيت فيما بعد بأسماء مختلفة منها lunettes بالفريسية و spectacles أو eyeglasses بالإنجليزية و Brille بالألمانية) وتاريخها الأول، فضلاً عن الخطيب العلامة المشهور، ومكان خطبته المعروف، كل هذا مما ينمّ عن أصالة الخبر ومصادقته وإن ظل اسم المخترع مجهولاً. لكن الشيء المثير للاهتمام كذلك هو أنه حتى اليوم لا يُعرف الكثير عن الظروف الدقيقة التي تم فيها هذا الاختراع، ناهيك عن الفترة الزمنية التي سبقته. ونتيجة لهذا أدّت مجهولية المخترع وكذلك ظروف الاختراع المحاطة بالظلام، إلى قصة كأنها تحكي قصة اختراع المخترعين لا تاريخ الاختراع نفسه، وهو ما يرقى إلى خليط لا ينفصم من التلفيق والتزوير الصريح والنعرات الإقليمية.

وفي آخر الأمر قام إدوارد روزن Edward Rosen، مؤرخ العلوم الأمريكي (1906-1985م)، في مقالة جازمة، بتفكيك كل هذا الإفك، ليستنتج -مع رونكي- أنّ هذا الاكتشاف لشخص عادي [28]، [26]، ويقصد رجلاً ليس بعالم متضلّع في البصريات. أمّا بقيّة القصة فتاريخ شيق يزخر بالإنجازات أغلبيتها غربية، لكنه لا يجيب عن السؤال الملحّ وهو: ماذا حدث بالضبط قبل زمن ذلك الاختراع؟

هذا هو السؤال الذي سنحاول الإجابة عنه من خلال التحقيق فيما قبل تاريخ النظارات على ضوء المصادر العربية القليلة والتي قلّما اعتمدها الباحثون الأقلاء، وهي قضية لم يكن بإمكان المحققين الغربيين المعنيين بنفس المسعى [3] أن يتطرقوا إليها لقلة أو عدم معرفتهم باللغة العربية. وأمّا المستشرقون المتضلّعون في البحث عن الحضارة العربية الإسلامية فقد أغفلوا الموضوع إغفالاً شبه تام، ومنهم من طمع في هذا البحث ثم انصرف عن هذا المسعى لقلة المادّة والمراجع. وسنعود، في الجزء الثاني من المقال، إلى ما نحن بصدد رفع الستار عن خبايا هذه القصة الشيقّة.

* هذا المقال جزء من بحث أشمل قيد الإنجاز حول تاريخ الأدوات البصرية في الحضارة العربية الإسلامية، وقد نشر بعضه في مجلة تاريخ العلوم العربية والإسلامية في فرانكفورت:

Farid Benfeghoul, Through the Lense of Islam: the Pre-History of Eye-glasses according to Arabic sources, Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften, vol. 23, 2022, 259-315.

المراجع

- [1] Aristophanes, The Clouds, in The Comedies of Aristophanes, vol. 1, London, 1873.
- [2] Barney, S. A., Lewis, W. J., Beach, J. A. and Berghof, O., The Etymologies of Isidore of Seville, Cambridge, 2006.
- [3] Beretta, M., From the Eye to the Eye-Glass, A Pre-History of Spectacles, in When Glass Matters. Studies in the History of Science and Art from Graeco-Roman Antiquity to Early Modern Era, ed. Marco Beretta, Florenz, 2004, 249-282.
- [4] Brenni, P., Ronchi, Vasco, *Dizionario Biografico degli Italiani* 88, 2017.
https://www.treccani.it/enciclopedia/vasco-ronchi_%28Dizionario-Biografico%29/
- [5] Fleishman, D., <http://www.antiquespectacles.com/references/references.htm>
- [6] Gorelick, L. and Gwinnett, A. J., Close Work without Magnifying Lenses? A Hypothetical Explanation for the Ability of Ancient Craftsmen to Effect Minute Detail, Expedition 23, no. 42, 1981, 27-34.
- [7] Greeff, R., Die Erfindung der Augengläser. Kulturgeschichtliche Darstellungen nach urkundlichen Quellen, Berlin, 1921.
- [8] Greeff, R., Der Beril des mitteldeutschen Dichters Albrecht (1270), Zeitschrift der ophthalmologischen Optik 11, no. 3, 1923, 66-76.
- [9] Hirschberg, J., Geschichte der Augenheilkunde im Mittelalter und in der Neuzeit, Leipzig, 1908.
- [10] Ilardi, V., Renaissance Vision from Spectacles to Telescopes, Philadelphia, 2007.
- [11] Ingemark, D., A Rare Rock-Crystal Object from Pompeii: A Furniture Inlay, a Medical Instrument, a Magnifying Lens or a Gaming Piece?, Lund Archaeological Review 16, 2011, 29-33.
- [12] König, R. (Ed.), C. Plinius secundus d. Ä. Naturkunde, Düsseldorf, 2007, Buch 37, Kap. 10.
- [13] Kornbluth, G., Carolingian Engraved Gems: 'Golden Rome Is Reborn'?, in Engraved Gems: Survivals and Revivals, ed. Clifford Malcolm Brown, Washington, D.C., 1997, 44-61.
- [14] Kornbluth, G., Active Optics: Carolingian Rock Crystal on Medieval Reliquaries, Different Visions: A Journal of New Perspectives on Medieval Art, no. 4, January 2014, 15.
- [15] Kühn, G. and Roos, W., Sieben Jahrhunderte Brille, Munich, 1968.
- [16] Laufer, B., Optical Lenses: I. Burning-Lenses in China and India, T'oung Pao 16, no. 2, 1915, 169-228.
- [17] Layard, A. H., Discoveries in the ruins of Nineveh and Babylon; with travels in Armenia, Kurdistan and the desert: being the result of a second expedition undertaken for the Trustees of the British Museum, New York, 1853.
- [18] Levene, J. R., Bibliography of the History of Eyeglasses, Supplement to Newsletter of the Optometric Historical Society 1, no. 3, July 1970, 1-17.
- [19] de Maimieux, J., Souvenirs d'un homme du monde, ou recueil de pensées diverses, vol. 1, Leipzig, Paris, 1789.
- [20] Mann, H. H., Augenglas und Perspektiv: Studien zur Ikonographie zweier Bildmotive, Berlin, 1992.
- [21] Pansier, P., Histoire des lunettes, Paris, 1904.

- [22] Pliny, Natural History, 37.16.64, Cambridge, MA 1962, 10:215.
- [23] Poulet, W., Atlas on The History of Spectacles, 3 vols., Bonn, 1978.
- [24] Rau, W., Die Brennlense im alten Indien, Wiesbaden, 1982.
- [25] Ronchi, V., Perché non si ritrova l'inventore degli occhiali?, Rivista di oftalmologia 1, no. 2, 1946, 140.
- [26] Ronchi, V., The Nature of Light: An Historical Survey, London, 1970.
- [27] Rosen, E., Carlo Dati on the Invention of Eyeglasses, Isis 44, no. ½, 1953, 4-10.
- [28] Rosen, E., The Invention of Eyeglasses: Part I, Journal of the History of Medicine and Allied Sciences 11, no. 2, April 1956, 13.
- [29] Rosenthal, J. W., Spectacles and Other Vision Aids: A History and Guide to Collecting, San Francisco, 1996.
- [30] Roth, H. W., Der Lesestein, Der Augenspiegel 56, no. 10, 2010, 56.
- [31] Schmitz, E.-H., Handbuch zur Geschichte der Optik, vol. 1: Von der Antike bis Newton, Bonn, 1981.
- [32] Schmitz, E.-H., Die Sehhilfe im Wandel der Jahrhunderte, Stuttgart, 1961.
- [33] Seneca, Naturales quaestiones, I, 6.5, Cambridge, MA, 1971.
- [34] Temple, R., The Crystal Sun, London, 2000.
- [35] Theophilus, The Various Arts: De Diversis Artibus, London, Edinburgh, 1961.
- [36] Veyrat, N., Blanco, E. and Trompette, P., Social Embodiment of Technical Devices: Eyeglasses over the Centuries and According to Their Uses, Mind, Culture, and Activity 15, no. 3, 2008, 185–207.
- [37] Wilk, S. R., Ancient Optics: Producing Magnification without Lenses, Optics and Photonics News 17, no. 4, April 2006, 12-13.

مفهوم التعليمية عند العلماء المسلمين في القرون الوسطى (1)

مهدي بن بتقة

أستاذ بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

mahdi.benbetka@g.ens-kouba.dz

مقدمة

نحن نفشل في الوصول إلى ما كان عليه أسلافنا، ولا ننشغل في الوقت ذاته بمشاكل حاضرتنا ومستقبلنا. وبالموازاة مع ذلك تميل الدراسات التربوية الغربية المعاصرة إلى النظريات والفلسفات والحركات الفكرية التي تنبثق من حضارتهم وثقافتهم دون غيرها، مع إغفال الممارسات والمفاهيم التربوية في الحضارات الأخرى. وفي الوقت ذاته لم يكن هناك إقرار من قبلهم بأن دراسة الفكر في الحضارات والأديان المختلفة مفتاح من أجل تحسين فهم الثقافات التربوية المختلفة التي أدت إلى تطوير النظريات والمقاربات التربوية على مرّ تاريخ الإنسانية. ذلك ما يجعل من الضروري توضيح الإسهامات المؤثرة للعلماء المسلمين في حقل التربية والتعليم. وفي هذا السياق، يقول سيبيستيان غونتر Sebastian Günther إن تلك الإسهامات "شديدة الوضوح في المؤلفات باللغة العربية في القرون الوسطى الكثيرة والمؤصلة لمسائل التربية والتعليم، حيث كانت تهتدي بتوجيهات القرآن والحديث". [6]

وقد كان من ضمن هذه التوجيهات شرح وتوضيح غايات التعليم وطرائق تحقيقها بوسائل الإيضاح المناسبة لذلك. ومن ثمة الاهتمام بسلوك المعلمين والتلامذة وصفاتهم الخلقية، وعلاقاتهم ببعضهم البعض في أثناء التعلّم، والإرشادات والتوجيهات التي يشملها منهاج التعليم وتنظيم محتوياته، وسُبل تحويل المعرفة من المعرفة العلمية، التي تتحدد بما يجمع حولها المختصون في مجال معرفي معيّن، إلى المعرفة المُدرّسة من قِبَل المدرس، وهي تحويل للمعارف العلمية وتعديل لها لأجل أن تصبح في متناول التلميذ، ومن ثمة إكسابها له في العملية التعليمية التعلّمية.

إن أهم ما ميّز هذه المرحلة من التاريخ، الممتدة من القرن الثامن الميلادي حتى القرن الخامس عشر الميلادي، ظهور علماء مسلمين اهتموا واعتنوا بالموضوعات التربوية والتعليمية. ولقد كان هؤلاء العلماء متكلمين وفلاسفة وفقهاء وأدباء ومُحدّثين وعلماء متخصصين في علوم الطبيعة، ولم يكن أحد منهم مختصا في التربية والتعليم، مع العلم أن كثيرا منهم قد مارس مهنة التدريس. لذلك أسهمت فكرهم وفلسفاتهم التربوية أيّما إسهام فيما يسمى بتراث الإسلام التربوي.

تجدر الإشارة هنا، إلى أنّ النصف الثاني من القرن الثامن للهجرة (الرابع عشر للميلاد) هو بداية عصور التحوّل والانتقال، كما يوضّح ذلك حسين عبد الله بانبيلة؛ إذ حدث "في جميع أنحاء العالم المتمدّن المعلوم آنذاك، تحوّل وانتقال نحو التفكّك والانحطاط في العالم الإسلامي العربي وتحوّل وانتقال نحو النهوض والانبعاث في العالم الغربي". [2]

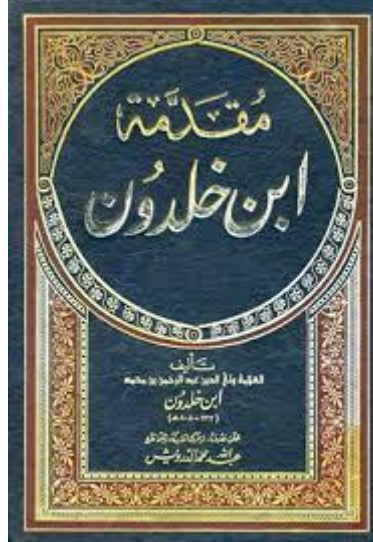
سنعرّض في هذا المقال إلى الإسهامات والموضوعات التربوية والتعليمية التي أنتجها بعض العلماء المسلمين الذين صتّفوا في التربية والتعليم في القرون الوسطى، حيث كانوا واعين بأهمية التعليم الفعال والميسور في المجتمعات الإسلامية، وقد ظهر هذا في مناقشتهم للمسائل التربوية التي اعتمدت على المرونة الفكرية وعلى المنطق التحليلي. كما يبدو أيضا أن هؤلاء العلماء قد أبدعوا في بناء نظريات تعليمية -في إطار تربوي- ممكنة التطبيق في مجتمعاتهم. لقد أدّى هذا إلى ظهور جملة من الفكر تتعلق بالتعلّم والتعليم وتطور منهاج وكتب للأساتذ وللتلاميذ، مع الاهتمام بتقسيم

مراحل التعليم في هذه الحقبة من التاريخ الإسلامي، عند بعض العلماء المسلمين الذين كان لهم دور في بناء نظريات تربوية.

1. ابن خلدون

يقول عبد الرحمان ابن خلدون (732-808هـ/1332-1406م) في مقدمته، في الفصل **العلم والتعليم طبيعي في العمران البشري**: "وذلك أنّ الإنسان قد شاركته جميع الحيوانات في حيوانيته من الحسّ والحركة والغذاء والكنّ وغير ذلك، وإنما تميّز عنها بالفكر الذي يهتدي به لتحصيل معاشه والتعاون عليه بأبناء جنسه والاجتماع المهيّ لذلك التعاون". [1]

ينظر ابن خلدون إلى التعليم من زاوية اقتصادية واجتماعية بحيث يراه وسيلة لتحصيل معاشه. ويركّز في الفصل **التعليم للعلم من جملة الصنائع** على تربية الملكات، إذ يقول "وذلك أنّ الجذّ في العِلْم والتّفنّ فيه والاستلاء (التحكّم) عليه إنّما هو بحصول مَلَكَة في الإحاطة بمبادئه وقواعده، والوقوف على مسائله واستنباط فروعها من أصوله... والملكات كلّها جسمانيّة، سواء كانت في البدن أو في الدماغ من الفكر وغيره كالحساب. والجسمانيّات كلّها محسوسة فتفتقر إلى التعليم، ولهذا كان السند في التعليم في كل عِلْم أو صناعة إلى مشاهير المعلمين فيها". [1]



كما يتحدّث ابن خلدون أيضا عن ثلاث مراحل للتعليم، حين يقول: "اعلم أنّ تلقين العلوم للمتعلم، إنّما يكون مفيدا إذا كان على التدرّج شيئا فشيئا، وقليلًا قليلًا، يُلقى عليه أولا مسائل من كل باب من الفن هي أصول ذلك الباب ويقرب له في شرحها على سبيل الإجمال، ويراعي في ذلك قوة عقله، واستعداده لقبول ما يرد عليه، حتى ينتهي إلى آخر الفن، وعند ذلك يحصل له مَلَكَة في ذلك العلم، إلّا أنها جزئية وضعيفة وغايتها أنها هيأته لفهم الفن وتحصيل مسأله". وقد تكون هذه، هي المرحلة الابتدائية في مفهومنا اليوم. ثم يرجع إلى الفن ثانية، "فيرفعه في التلقين عن تلك الرتبة إلى أعلى منها، ويستوفي الشرح والبيان، ويخرج عن الإجمال، ويذكر له ما هنالك من الخلاف ووجهه إلى أن ينتهي إلى آخر فتجود مَلَك تته". وقد تكون هذه هي مرحلة التعليم المتوسط والثانوي في يومنا الحاضر. ثم يرجع به ثالثا "وقد شدا فلا يترك عويصا ولا مهمّا ولا مغلقا إلّا وضّحه، وفتح له مقفله فيخلص من الفن، وقد استولى على مَلَك تته"، [1]. وقد تكون هذه، هي مرحلة التعليم الجامعي وما فيها من تحصيل علمي وأبحاث علمية. وتعني كلمة شدا: حصّل طرفا من الأدب والعلم.

إن "الملّكة" عند ابن خلدون لا تعني القدرات العقلية والجسمية كالفهم أو التدريب أو الوعي وما شابه ذلك، بل تعني القاعدة المعرفية، "لأن المتعلم لا يمكنه تعلّم كل العلوم والتمكّن منها؛ ولكن باكتسابه قوانينها وقواعدها ومبادئها الأساسية يستطيع التمكن منها والتحكم في مفاهيمها". [1]

يتحدث ابن خلدون هنا عن المعرفة والقدرات والمهارات التي لا يمكن إكسابها للمتعلّم إلا بالعملية التعليمية التعلّمية أي لا يمكن التوصل إليها إلا بالتعلّم والممارسة، وخاصة عندما يربط ضمناً، التعليم بالمعلّم والتعلّم بالمتعلّم وهذا هو جوهر مفهوم التعليمية حديثاً في كل المواد التعليمية، مع الملاحظة أن المعرفة والقدرات والمهارات تكوّن ما يسمى بمركبات الكفاءة حالياً. إذن من الممكن أن مفهوم "الملّكة" عند ابن خلدون يعني مفهوم الكفاءة الذي ظهر في مجالي التربية والتعليمية في بداية القرن الحالي (القرن الواحد والعشرون).

2. أبو حامد الغزالي

يركّز أبو حامد الغزالي (450-505هـ / 1058-1111م) على الإرشاد والتأديب ومبادئ سلوك الأساتذة والتلامذة، لكونه تولى في عام 1091م، رئاسة المدرسة النظامية المؤسسة حديثاً آنذاك، والتي كانت أشهر مؤسسات التعليم في بغداد، وربما في العالم الإسلامي كله في القرن الحادي عشر. درّس الغزالي في المدرسة النظامية، وفي مرحلة لاحقة مارس التدريس في نيسابور وبعدها في طوس. لذا فإن فكره التربوي والتعليمي يُبرز حقيقة خبرته وتجربته التربوية كأستاذ مرموق، أسّس لمبادئ سلوك الأساتذة والتلامذة. يُعرف عن الغزالي قبوله بالمنطق اليوناني أداةً تعليميةً محايدةً وتوصيته المتكلمين بذلك، لكن مصنفاته الصوفية هي التي تُظهر لنا أمرين متعلقين بالتعليم: "أولهما استدخاله قيماً أخلاقيةً إسلامية، وعدّها قيماً صوفية. ثانيهما إصراره على أن سبيل المعرفة الصوفية يبدأ بالمعتقدات الإسلامية التقليدية". [6]



يُعدّ الغزالي أحد أكبر بناء الفلسفة التعليمية الإسلامية وقيّمها الأخلاقية، فقد كان فهمه للتعليم أنّه إرشاد للفتيان وليس تأديباً لهم، وصار هذا مبدأً تربوياً ذائعاً في كثير من مؤلفات القرون الوسطى في التعليم الإسلامي. أما أكثر نظرياته التربوية والتعليمية تفصيلاً فقد ضمّها كتابه "إحياء علوم الدين" (أبو حامد، الغزالي، 1985)، الذي يُعدّ، كما يذكر سيبيستيان غونتر "دليلاً متكاملًا للمسلم التقّي في كل شؤون حياته الدينية وعباداته وشعائره وسلوكه وتصفيّة نفسه والسير في طريق التصوف. ويعكس هذا الكتاب عمق اقتناع الغزالي بأن المعرفة والدراسة الدينية سبيلان للبشر في الدنيا للنجاة في الآخرة". [6]

تظهر مقاربة الغزالي للتعليم والتعلّم، كما ذكر ذلك يولييان أوبرمان Julian Obermann في "فهمه للقلب والإنسان حيث يرتبط اللاحق بالسابق ارتباطاً وثيقاً، وعند الغزالي أن القلب لطيفة روحانية متصلة بالقلب الطبيعي؛ وهذه اللطيفة في جوهر الإنسان، وهي التي تفهم وتتعلّم وتعلّم" [8]. فهو يرى أن قلب الطفل في حاجة ماسة إلى العناية

والاهتمام؛ فعنده أن قلب الطفل "جوهرة نفسية ساذجة خالية عن كل نقش وصورة وهو قابل لكل ما نقش ومائل إلى كل ما يمال به إليه، فإن عود الخير وعلمه نشأ عليه وسعد في الدنيا والآخرة وشاركه في ثوابه أبوه وكل معلم له ومؤدب، وإن عود الشر وأهمل إهمال الهائم شقي وهلك، وكان الوزر في رقبة القيم عليه والوالي له." (أبو حامد، الغزالي، 1985).

إن لهذه الفكرة تكملة في نصحه بأن يُعلم القلب، لأنه " كما أن البدن في الابتداء لا يُخلق كاملاً وإنما يكمل ويقوى بالنشوء والتربية بالغذاء، فكذلك النفس تُخلق ناقصة قابلة للكمال، وإنما تكمل بالتربية وتهذيب الأخلاق والتغذية بالعلم." (أبو حامد، الغزالي، 1985) ويجزم الغزالي بأن العلم ليس فقط استذكراً للحقائق، بل هو نور يقذف في القلب، لذا فإن أولى غايات التعلم وأعظمها دراسة، الإلهيات. ومن ثمّ يحثّ الغزالي التلامذة على تحصيل الجوهر النفيس الذي هو علم الآخرة لأنّ "أشرف العلوم العلم بالله عزّ وجلّ... فيآيك أن ترغب إلا فيه وأن تحرص إلا عليه." (أبو حامد، الغزالي، 1985) نظراً إلى الشهرة التي حازها كتابه "إحياء علوم الدين" في العالم الإسلامي منذ تصنيفه، وهو يخصّص الباب الأول لـ "فضل العلم والتعليم والتعلم" وتبعه في الباب الخامس بنصيحة مفصلة عنوانها "أدب المتعلم والعالم"، يمكن القول بأنّ فكر الغزالي التربوية وتوجهاته التعليمية العملية قد انتشرت في المجتمع الإسلامي عامة. يضع الغزالي وظائفاً للمتعلم، نلخصها فيما يلي:

1. "طهارة النفس عن رذائل الأخلاق ومذموم الأوصاف ليكون القلب وعاءً نقياً للعلم. (إذ العلم عبادة القلب وصلاة السرّ وقرية الباطن إلى الله تعالى).
2. أن يقلل علائقه من الاشتغال بالدنيا ويبعد عن الأهل والوطن فإن العلائق شاغلة وصارفة، ولذلك قيل العلم لا يعطيك بعضه حتى تعطيه كلّ.
3. ألا يتكبر على العلم ولا يتأمر على معلم بل يلقي إليه زمام أمره بالكلية في كل تفصيل ويذعن لنصيحته، وينبغي أن يتواضع لمعلمه ويطلب الثواب والشرف.
4. أن يحتز الخائض في العلم في مبدأ الأمر عن الإصغاء إلى اختلاف الناس؛ سواء كان ما خاض فيه من علوم الدنيا أو من علوم الآخرة، بل ينبغي أن يتقن أولاً الطريق الحميدة الواحدة المرضية عند أستاذه، ثم بعد ذلك يصغي إلى المذاهب الأخرى، وإن لم يكن أستاذه مستقلاً باختيار رأي واحد وإنما عاداته نقل المذاهب وما قيل فيها فليحذر منه فإن إضلاله أكثر من إرشاده.
5. ألا يدع طالب العلم فناً من العلوم المحمودّة ولا نوعاً من أنواعه إلا وينظر فيه نظراً يطلّع به على مقصده وغايته، ثم إن ساعده العمر طلب التبحر فيه وإلا اشتغل بالأهم منه واستوفاه وتطرف من البقية فإن العلوم متعانة وبعضها مرتبط ببعض.
6. ألا يخوض في فن من فنون العلم دفعة بل يراعى الترتيب ويبتدئ بالأهم، فإنّ العمر إذا كان لا يتسع لجميع العلوم غالباً فالجزم أن يأخذ من كل شيء أحسنه.
7. ألا يخوض في فن حتى يستوفي الفن الذي قبله فإن العلوم مرتبة ترتيباً ضرورياً وبعضها طريق إلى بعض والموفق من راعى ذلك الترتيب والتدرج، فينبغي ألا يحكم على علم بالفساد لوقوع الخلف بين أصحابه فيه، ولا بخطأ واحد أو أحاد فيه، ولا بمخالفتهم موجب علمهم بالعمل.
8. أن يعرف السبب الذي به يدرك أشرف العلوم، وأنّ ذلك يراد به شيئان أحدهما شرف الثمرة والثاني وثاقة الدليل وقوته؛ ومثل علم الحساب وعلم النجوم فإنّ علم الحساب أشرف لوثاقته أدلته وقوته، وإن نسب الحساب إلى الطب كان الطب أشرف باعتبار ثمرته والحساب أشرف باعتبار أدلته.

9. أن يكون قصد المتعلم في الحال تحلية باطنه وتجميله بالفضيلة وفي المآل القرب من الله سبحانه والترقي إلى جوار المآل الأعلى من الملائكة والمقربين، ولا يقصد به الرياسة والمال والجاه وممارسة السفهاء ومباهاة الأقران" (أبو حامد، الغزالي، 1985).

يقول الغزالي في وصفه للمرشد المعلم "إن العلم يقتنى كما يقتنى المال، فله حال طلب واكتساب، وحال استبصار وهو التفكير في المحصل والتمتع به، وحال تبصير وهو أشرف الأحوال. فمن علم وعمل وعلم فهو الذي يدعى عظيما في ملكوت السماوات فإنه كالشمس تضيء لغيرها وهي مضيئة في نفسها." (أبو حامد، الغزالي، 1985) لذلك يحدّد ثمانى وظائف للأستاذ في إطار المرشد المعلم، تكملها لوظائف التلميذ، نذكرها فيما يلي:

1. "الشفقة على المتعلمين وأن يجربهم مجرى بنيه، بأن يقصد إنقاذهم من نار الآخرة وهو أهم من إنقاذ الوالدين ولدهما من نار الدنيا ولذلك صار حق المعلم أعظم من حق الوالدين.
2. أن يقتدى بصاحب الشرع صلوات الله عليه وسلامه فلا يطلب على إفادة العلم أجرا ولا يقصد به جزاء ولا شكرا، بل يعلم لوجه الله تعالى وطلبا للتقرب إليه.
3. ألا يدع من نصح المتعلم شيئا وذلك بأن يمنعه من التصدي لرتبة قبل استحقاقها، والتشاغل بعلم خفي قبل الفراغ من الجلي، ثم ينهيه على أن الغرض بطلب العلوم القرب إلى الله تعالى دون الرياسة والمباهاة والمنافسة.
4. أن يزجر المتعلم عن سوء الأخلاق بطريق التعريض ما أمكن ولا يصرح وبطريق الرحمة لا بطريق التوبيخ، فإن التصريح يهتك حجاب الهيئة ويورث الجرأة على الهجوم بالخلاف ويهيج الحرص على الإصرار.
5. ينبغي على الأستاذ ألا يقبّح في نفس المتعلم العلوم التي وراءه كعلم اللغة إذ عاداته تقبّح علم الفقه ومعلم الفقه عاداته تقبّح علم الحديث والتفسير، ينبغي أن يوسع على المتعلم طريق التعلم في غيره، وإن كان متكفلا بعلوم فينبغي أن يراعى التدريج في ترقية المتعلم من رتبة إلى رتبة.
6. أن يقتصر بالمتعلم على قدر فهمه، فلا يلقي إليه ما لا يبلغه عقله فينفره أو يخبط عليه عقله، فليبت إليه الحقيقة إذا علم أنه يستقل بفهمها، لأن نجاح التلميذ مهم من حيث يبقيه مستمتعا بطلب العلم.
7. ينبغي على الأستاذ أن يلقي على المتعلم القاصر الجلي اللائق به، ولا يذكر له وراء هذا تدقيقا وهو يدخره عنه، فإن ذلك يفتر رغبته في الجلي ويشوش عليه قلبه ويوهم إليه البخل به عنه، إذ يظن كل أحد أنه أهل لكل علم دقيق.
8. أن يكون المعلم عاملا بعلمه فلا يكذب قوله فعله، لأن العلم يُدرَك بالبصائر والعمل يدرك بالأبصار وأرباب الأبصار أكثر، فإذا خالف العمل العلم منع الرشد. ومثل المعلم المرشد من المسترشدين مثل النقش من الطين والظل من العود، فكيف ينتقش الطين بما لا نقش فيه ومتى استوى الظل والعود أعوج." (أبو حامد، الغزالي، 1985)

يظهر من نصائح الغزالي للتلاميذ والأساتذة (المعلمين)، أنها قمة سامقة في التراث التعليم الإسلامي في القرون الوسطى وحتى في يومنا هذا. كما أنها تصوّر لنا معلما شديدا الوعي بمسؤوليته حفيّا بتلاميذه حريصا على بلوغهم أقصى طاقاتهم، وكذلك فهو مهتم بحال مهنة التعليم. إن هذه الملاحظات تساعدنا في فهم السبب الذي حفظ لفكر الغزالي التعليمية التربوية مكانتها قرونا عديدة وأبقاها محل اهتمام التربويين إلى عصرنا هذا.

لذا فليس مفاجئا أن تكون وظائف المعلم (الأستاذ) والتلميذ (المتعلم) كما رأها ظلت تُلهم أجيالا متوالية من المسلمين، ومنهم مصنفون متأخرون في القرون الوسطى اشتغلوا بالتربية والتعليم، مثل نصير الدين الطوسي (1201م-1274م)، كما ذكر ذلك نور محمد غفيري Noor Muhammad Ghifari أن "نصير الدين الطوسي، وهو عالم فلكي

وأحيائي وكيميائي ورياضياتي وفيلسوف وطبيب وفيزيائي ومتكلم، يقول إنّ في التعليم أطرافاً ثلاثة: الأستاذ والتلميذ وأهل التلميذ. كما رأى أن تحصيل العلم هو في نفسه متعة قد تؤدي إلى السعادة الأبدية، ولشدة ذبوع هذه الفكرة اليوم، فإننا ننسى أنها كانت أمراً جديداً في الماضي". [7]

يظهر من هذه المقولة، الإشارة إلى المثلث التربوي -من قبل نصير الدين الطوسي- الذي يمثل العناصر الأساسية المتعلقة بعملية التعليم والتعلم، التحويل (النقل) التعليمي، إذا ما أخذنا بعين الاعتبار المعرفة المكتسبة من قبل التلميذ من الوسط الاجتماعي، المتمثل في أهل التلميذ التي هي موضوع العملية التعليمية التعلمية أيضاً، وتدخل ضمن المعرفة المدرّسة من قبل المعلم (الأستاذ). هذا ما يؤكد اهتمام نصير الدين الطوسي، وغيره ما بعد أبو حامد الغزالي، بالتعليمية ولو ضمناً.

3. الخطيب البغدادي

اهتم الخطيب البغدادي (392-463هـ/1002-1071م) بالتعليم اهتماماً كبيراً حيث تحدّث عنه، وقام بتقسيم مراحل التعليم من حيث سنّ المتعلم إلى مرحلتين:

- **مرحلة التعليم الأولى:** تبدأ في سن السادسة من عمر المتعلم وتنتهي عند الثالثة أو الرابعة عشرة تقريباً، ويكون التعليم في هذه المرحلة جماعياً.
- **مرحلة التعليم العالي:** تأتي هذه المرحلة بعد إنهاء المرحلة السابقة، ويصعب تحديد السنّ في هذه المرحلة أي السنّ التي يبدأ عندها الطالب تعليمه فيها. وتفتّح إلى أن المتعلم لا يقف عند حدّ العلوم التي يتلقاها في بلاده، وإنما يرحل ويتتبع طلباً للعلم. [3]

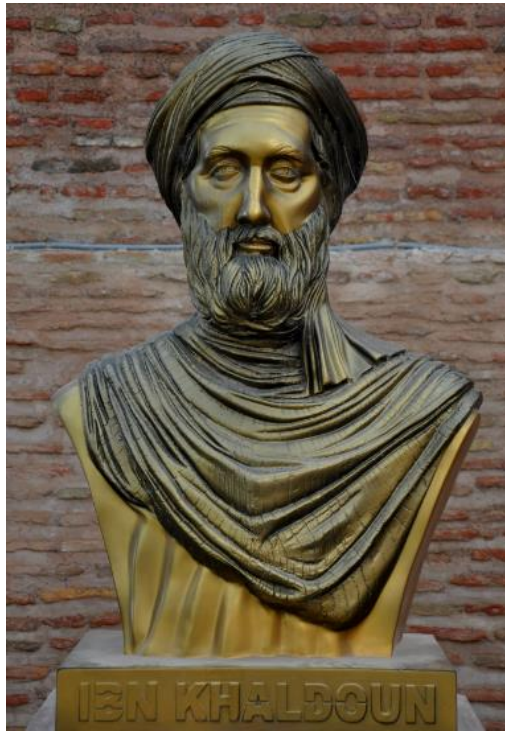
لقد وضع الخطيب البغدادي جملة من الآداب للمعلّمين، نذكر منها:

1. أن يتواصل متعلّمه بصرياً وينظم مجلسهم ويقول في ذلك: وإن ما يذكره درساً واحداً لجميعهم فإنه يأمرهم بأن يتحلّقوا ويجلس في وسطهم بحيث يبرز وجهه للجميع.
 2. أن يشرح لهم الدرس بتأنٍ، وألا يسرع في حديثه يقول ثم يذكر على تمكث وتؤدة من غير إسراع وعجلة.
 3. ألا يستحي من إيضاح أية معلومة ويذكر كل شيء، وفي ذلك يقول: "وإن كان البيان يتضح بعبارة يغلب الحياء ذكرها فعلى الفقيه إيرادها ولا يمنعه الحياء منها". [3]
- هذا ما يؤكد أن مصطلح التعليمية وارد ضمناً عند البغدادي، لكونه اهتم بالمتعلم حيث حدّد مراحل التعليم، وبالمعلم حيث قام بوضع جملة من الآداب التي ينبغي أن يتصفّ بها هذا المعلم. وهذا ما يعني أنه يتحدّث عن العملية التعليمية التعلمية، أي عن الممارسات التعليمية في الدرس بصفة عامة وهذه من مهام ووظائف التعليمية في جميع المواد التعليمية.

المراجع

- [1] ابن خلدون، عبد الرحمان، المقدمة، الباب السادس، في العلوم وأصنافها والتعليم وطرقه وسائر وجوهه، وما يعرضه في ذلك كله من الأحوال، دار صادر، بيروت، 2000.
- [2] بانبيله، حسين عبد الله، ابن خلدون وتراثه التربوي، دار الكتاب العربي، بيروت، 1984.
- [3] البغدادي، الخطيب، الفقيه والمتفقه، شرح وتحقيق أبوعبد الرحمن عادل بن يوسف العزّازي، دار ابن الجوزي، المجلد الأول، الدمام، السعودية، 1996.

- [4] الغزالي، أبو حامد، معارج القدس في مدارج معرفة النفس، حقيقة الإدراك ومراتبه في التجريد، محققة عن نسخة خطية بنقل ابن عبد العزيز الأمير، منشورات دار الآفاق الجديدة، بيروت، 1975.
- [5] الغزالي، أبو حامد، كتاب أمها الولد، تحقيق وتعليق علي القره داغي. دار البشائر الإسلامية، بيروت، 1985.
- [6] غونتر، سيبيتيان، آراء العلماء المسلمين القدماء في نظرية التربية، مجلة التفاهم، فصلية-فكرية-إسلامية، العدد 51، السنة 14، تصدر عن وزارة الأوقاف والشؤون الدينية في سلطنة عمان، 2016.
- [7] Ghifari, Noor Muhammad, in the series One Hundred Great Books of Islamic Civilisation, vol. 10, Education and Pursuit of Knowledge, Islamabad: Pakistan Hijra Council, 1991.
- [8] Obermann, Julian, Der philosophische und religiöse Subjektivismus Ghazalis: Ein Beitrag zum Problem der Religion, Braumüller, Vienna, 1921.



تمثال لابن خلدون بقصبة مدينة بجاية، الجزائر

مفهوم الحرارة: مقارنة تاريخية وإبستمولوجية

زهرة دواوي¹، سيد علي ريان²، جعفر جبالي³

¹ أستاذة بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة - zohra.douadi@g.ens-

kouba.dz

² أستاذ بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة - sidali.rayane@g.ens-kouba.dz

³ أستاذ بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة - djaffar.djabali@g.ens-kouba.dz

مقدمة

عرف الإنسان الحرارة منذ القدم، فكانت تستعمل في الطهي والتدفئة كما كانت تنتج في عمليات الاحتراق المختلفة، وابتدع الإنسان طرقا لتسخين الأجسام وكذلك لتبريدها. غير أنه مع الثورة الصناعية اتضح أن حرارة الاحتراق يمكن أن تعطي عملا، أما الاقتناع بأن الحرارة شكل من أشكال الطاقة فلم يتحقق إلا في حوالي منتصف القرن 19م. سنسلط الضوء في هذا المقال على مفهوم الحرارة من منظور تاريخي وإبستمولوجي، لمتابعة كيفية تطور مفهوم الحرارة عبر العصور المختلفة، انطلاقا من نظريتي الفلوجيستون والكالوريك إلى غاية دحضهما واستبدالهما بنظرية الطاقة وانحفاظها. ومن ثم الوقوف على الصعوبات والعقبات التي واجهت العلماء والمفكرين والتي أبطأت التقدم وأثرت على مسار التاريخ.

أولا: المقاربة التاريخية

1. نظرية الفلوجيستون

اعتقد الفلاسفة الإغريق الأوائل أن جميع المواد تتكوّن من التراب والماء والهواء والنار، أو ما يسمى نظرية العناصر الأربعة. وبالرغم من محدودية هذه النظرية إلا أنها بقيت مهيمنة على عقول البشر حوالي ألفي عام. [6] اعتمد بيشر Becher (1667) ثم ستال Stahl (1703) نظرية الفلوجيستون لشرح اثنتين من أبرز الظواهر: الاحتراق والتكلس. فقد اقترح ستال وجود الفلوجيستون phlogiston (تعني كلمة phlog لهب) كمادة عنصرية يتم طردها من المواد عن طريق تعريضها للحرارة. [9] وكتب ستال: "لقد حكمت بأنه لا يمكن إعطاء اسم لهذه المادة أكثر ملاءمة من اسم القابلية للاشتعال... لهذا السبب أعطيها الاسم الإغريقي الفلوجيستون، وهو ما يعني القابل للاشتعال." [13]

2. دحض نظرية الفلوجيستون

نشأ لافوازييه Lavoisier في نموذج الفلوجيستون، لكنه لاحظ بعد ذلك معطيات متضاربة. وكانت اللحظة الحاسمة في تحوّل لافوازييه تلقّيه مطبوعة سابقة لمنشور بريستلي Priestley حول اكتشافه للهواء بدون الفلوجيستون سنة 1774. أدرك لافوازييه الحقيقة: ينتج الاحتراق والتكلس من اتحاد جسمين فقط، وتحديدًا "الهواء بدون الفلوجيستون" لبريستلي (أو "هواء النار" لشيل Scheele)، والذي أطلق عليه لافوازييه في البداية اسم "الهواء الحيوي" ثم أطلق عليه فيما بعد اسم "الأكسجين"، وإما "الكربون" في حالة الاحتراق أو "المعدن" في حالة التكليس. [9] في سنة 1783 قدّم لافوازييه إلى الأكاديمية مذكرة بعنوان "تأملات بشأن الفلوجيستون"، ونادى: "الفلوجيستون غير موجود." [6]

3. النظرية المادية (نظرية الكالوريك)

ترتبط هذه النظرية السخونة بمادة معينة (النار لدى القدماء)، حيث كان يُنظر إلى النار ذاتها على أنها مادة. وُجد هذا التصور عند: [لوكريتيوس](#) Lucretius، [جيلبرت](#) Gilbert، [جاليليو](#) Galileo، [جاسندي](#) Gassendi، [بويل](#) Boyle. [13] فتصوّر جاسندي الحرارة والبرودة نوعين مختلفين من المادة، واعتبر أن ذرات البرد رباعية السطوح وعندما تخترق سائلاً يتجمد هذا السائل بطريقة ما. [11] في حدود 1720، شهدت النظرية المادية تطوراً من قِبَل خريستيان ولف Wolf الذي شبه الحرارة بالمائع. تستقر الحرارة في المسام المختلفة التي تخترق مادة الأجسام، ويمكن اكتشافها عندما تنتقل فقط. [7] وقد احتضن لافوازييه هذه المادة المائعة، واعتبرها مادة الحرارة وأطلق عليها اسم "كالوريك" caloric (تعني كلمة calor الحرارة)، يمكنها التدفق من جسم أكثر سخونة إلى جسم أكثر برودة وبالتالي تسخينه. [9] وصف لافوازييه هذا المائع بأنه عديم الوزن مثل الفلوجيستون، وضمّه إلى قائمة عناصره في بحثه في الكيمياء الذي نشره سنة 1784 بعنوان "الأطروحة الأولية للكيمياء". ووصفه كما يلي: "مائع مرن، تتنافر جزيئاته بقوة مع بعضها البعض، تنجذب جزيئات الكالوريك إلى جزيئات المادة العادية. الكالوريك لا يمكن خلقه أو تدميره". [13]

كما قدّم [كليجورن](#) Cleghorn الفرضيات التالية:

- الكالوريك عبارة عن مائع مرن، تتنافر جسيماته بقوة، وتنجذب جزيئاته بجزيئات المادة العادية بدرجات مختلفة؛
- الكالوريك غير قابل للتدمير ولا يمكن خلقه؛
- الكالوريك إما محسوس أو كامن؛
- الكالوريك له وزن.

استنبطت هذه الفرضيات لتفسير بعض الظواهر المرصودة، كالتمدّد والانكماش أثناء التسخين والتبريد، والتغيرات في السعة الحرارية النوعية، والقياسات المسعرية، والحرارة الكامنة، وزيادة وزن بعض المعادن عند تسخينها في الهواء. [10]

4. النظرية الديناميكية (النظرية الحركية)

تصوّر [أفلاطون](#) Plato الحرارة على شكل نار، ككيان متميز عن درجة الحرارة. [7] وفي القرن 17م عزى [بيكون](#) Bacon السخونة إلى الحركة الداخلية في المادة، حيث كانت تجاربه مبنية على الاحتكاك بين الأجسام، وفسر السخونة الناتجة عن هذا الاحتكاك على أنها نوع من الحركة. كما وُجد هذا التصور أيضاً عند [كيبلر](#) Kepler، وديكارت Descartes، وبويل، و[هيوجنز](#) Huygens. [13]

من المؤكد أن أحد مصادر المفهوم الحركي (الميكانيكي) هو الحصول على الحرارة عن طريق صدمات وحركات. ويشرح بيكون (1620) ذلك كما يلي: "تنتج الحرارة أو تظهر فجأة في تلك الأجسام التي لم تتلقاها بالطريقة العادية عبر التواصل مع الأجسام الأخرى. لكن السبب الوحيد لإنتاجها هو قوة أو صدمة ميكانيكية أو عنف ميكانيكي... التأثير الأكثر شيوعاً، وربما حتى الوحيد للقوة أو الصدمة الميكانيكية على الجسم هو إنتاج نوع من الحركة التي تؤثر على الجسم". [7]

5. ظهور مفهوم السعة الحرارية والحرارة الكامنة

بحلول عام 1765، كان [جوزيف بلاك](#) Joseph Black قد أجرى العديد من التجارب التي تتضمن موازنة درجة الحرارة بين المواد المختلفة والماء، وأثبت أن للمواد المختلفة ساعات حرارية مختلفة. بفعل ذلك نجح بلاك في

التمييز بين درجة الحرارة والسعة الحرارية. كان هذا اكتشافاً رائعاً لأنّ بلاك طوّر منهجاً لقياس السعة الحرارية كميًا $(Q = m \times C \times \Delta T)$ في ظل نموذج الكالوريك الخاطئ. [9]

في مجموعة من التجارب التي يمكن القول إنها أسّست علم القياسات المسعرية، قام بلاك بقياس الحرارة الكامنة لانصهار الجليد (139 Btu/lb)، والحرارة الكامنة لتبخّر الماء (850 Btu/lb)، وهما قريبتان من قيمتهما المعروفتين حالياً. وبذلك توصّل أيضاً إلى التمييز بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة، حيث تقاس هذه الأخيرة بمقياس الحرارة. أطلق بلاك على كمية الحرارة التي يمتصها الجليد أثناء عملية الانصهار "الحرارة الكامنة" (Latent heat)، وهو مصطلح لا يزال قائماً حتى يومنا هذا. [11] ووصفه: "ما يمكن استعادته ويظل مخفياً دون التسبب في حدوث تغيير في درجة الحرارة، على عكس الحرارة المحسوسة التي يمكن متابعة تطورها بواسطة مقياس الحرارة." [13]

6. أول تحدّ لنظرية الكالوريك

لم تستحوذ نظرية الكالوريك أبداً على تفكير [طومسن](#) Thomson (الكونت رمفورد Count Rumford)؛ لقد شكّك فيها في وقت مبكر عندما شاهد في عام 1789 عملية تصنيع المدافع في ترسانة ميونيخ. نظراً لأنّ الأسطوانة النحاسية الجديدة كانت تُحفر لتشكيل برميل المدفع، لاحظ رمفورد أن البرميل والرقائق المعدنية أصبحت جميعها ساخنة جداً. لتفسير ذلك شرع رمفورد في إجراء واحدة من أكثر التجارب الأسطورية في تاريخ الفيزياء. فقد استخدم أداة ثقب ثقيلة عن قصد تمّ ضغطها بشدة على قاع تجويف الأسطوانة. وعندما تمّ تدوير الأسطوانة بجهود حصانين يمشيان، ارتفعت درجة حرارة المدفع النحاسي. لإظهار هذه النتيجة للناس قام رمفورد بتغليف البرميل بصندوق مملوء بالماء ثم انتظر، وبعد فترة بدأ الماء يغلي. في هذه اللحظة وقف الجمهور الذي تجمّع لملاحظة التجربة مذهولاً ومندهشاً نظراً لعدم وجود نار تسببت في غليان الماء. لم يكن هناك شيء يحدث حقاً بخلاف فرك قطعتين من المعدن معاً ثم يغلي الماء.

كيف يحدث هذا؟ بالنسبة للكالوريين كانت الحرارة تنتج عن طريق عصر الكالوريك من المعدن، لكن بالنسبة لرمفورد هذا غير صحيح؛ فكيف يمكن للكالوريك أن تُعصر باستمرار من الجسم بلا نهاية؟ الشيء الوحيد المنطقي حسبه هو أن الحركة ولدت الحرارة "الحرارة هي مجرد القوة الحية للذرات المكونة لجميع الأجسام المادية". [9]

7. العلاقة السببية: حرارة – عمل

في أوائل القرن 19م، كانت المحركات البخارية منتشرة إلى حدّ ما، لكن المبادئ الفيزيائية الأساسية التي تحكم تشغيلها ظلت غامضة. نجح [سادى كارنو](#) Sadi Carnot في تفسير كفاءة المحرك البخاري. [12] نشر كارنو كتاباً سنة 1824 بعنوان "تأملات حول القوة المحركة للنار والآلات القادرة على تطوير هذه القوة"، وهو بحث حول الحرارة والقوة والطاقة وكفاءة المحرك. أوجزت هذا العمل العلاقات النشطة الأساسية بين محرك كارنو ودورة كارنو والقوة. [8] حيث تبنى أن الحرارة هي مائع مثل الماء، واستعمل مبدأ الكالوريك في وضع نظرية علمية للحرارة. صرّح كارنو إن "العمل الذي نحصل عليه من آلة حرارية يعتمد على كمية الكالوريك والفرق في درجة الحرارة بين مصدر الحرارة والمكثف، مثل الارتفاع الذي يسقط منه الماء لإدارة الطاحونة المائية". [6]

8. الحساب النظري للمكافئ الميكانيكي للحرارة

توصّل [ماير](#) Mayer إلى حساب المكافئ الميكانيكي للحرارة نظرياً بالاعتماد على الحسابات الرياضية كما يلي: بدءاً من تسخين غاز مثالي عند حجم ثابت، يمكن تحديد السعة الحرارية عند حجم ثابت C_v . ثم نفترض أنه سُمح

للنظام بالتمدد مع ثبات الضغط. عندما يتم تسخينه هذه المرة لتحقيق نفس مقدار dT ، فسيطلب إضافة المزيد من الحرارة نظرًا لأنه سيتعين تحويل بعض الحرارة إلى عمل التمدد. يكون مقدار الحرارة الكلية:

$$Q_p = Q_v + PdV \quad (dT \text{ لتحقيق نفس } dT)$$

$$C_p dT = C_v dT + PdV$$

$$C_p dT - C_v dT = PdV$$

$$(C_p - C_v) = P (dV/dT)$$

$$PV = nRT \quad ; \quad V = nRT/P \quad ; \quad dV/dT = nR/P \quad ; \quad P (dV/dT) = P (nR/P) = nR$$

باعتبار قيم C على أساس السعة الحرارية النوعية يكون: (غاز مثالي) $(C_p - C_v) = R$

في هذا الحساب، يحدد ثابت الغاز (R) كمية الحرارة المطلوبة للقيام بمقدار معين من العمل، وبالتالي يحتوي ضمنه على المكافئ الميكانيكي للحرارة. وجد ماير أن 1 وحدة حرارية بريطانية (Btu) تساوي 665 قدم-رطل من العمل، أي حوالي (85%) من القيمة المقبولة عمومًا. وقد نجح ماير في نشر أبحاثه سنة 1842. [9]

9. الإثبات التجريبي للمكافئ الميكانيكي للحرارة

قدّم **جول** Joule نتائجه في مؤتمر علمي في كورك بأيرلندا عام 1843. بناءً على قياساته، قدّر أن سقوط وزن 838 رطلاً عبر قدم واحدة سيرفع رطلاً واحدًا من الماء درجة فهرنهايت واحدة. لقد شعر بوجود نسبة تبادل دقيقة بين العمل والحرارة. وأدرك أن أفضل طريقة لالتقاطها وعرضها على العالم كانت من خلال استخدام إعداد تجريبي نهائي بسيط، لذا استبدل المحرك الكهربائي بأجهزة بسيطة متمثلة في وزن ساقط متصل بخيط إلى مجداف دوار داخل مسعر حمام مائي. وتوصل جول إلى الرقم النهائي عام 1849، سقوط 772 رطلاً يرفع رطلاً واحدًا من الماء درجة فهرنهايت واحدة. يُستخدم رقم مختلف (1 كالوري = 4,18 جول) لتحويل الطاقة الحرارية إلى نفس وحدات الطاقة كالعامل الميكانيكي، وسُميت هذه الوحدات بطبيعة الحال على شرف جول. [9]

10. المبدأ الأول للديناميكا الحرارية

مهّد عمل الرواد وخاصة جول وماير الأرضية للأكاديميين والفيزيائيين أمثال **طومسون** Thomson (لورد كالفن Lord Kelvin) و**كلوزيوس** Clausius و**رانكين** Rankine وفون هيرمن هيلمهولتز Helmholtz لبناء الهيكل الرياضي للطاقة. حيث تمسك هيلمهولتز بهذه النتائج واستخدمها لدعم بحثه الشهير عام 1847 حول انحفاظ الطاقة. في حين قام كلوزيوس بإضفاء الطابع الرسمي عليها عام 1850 في تعبيره الرياضي عن القانون الأول للديناميكا الحرارية الذي ربط الطاقة والحرارة والعمل ($\Delta U = Q - W$). [9] تمّ التعرف على متغير الحالة المهم جدًا لأول مرة وتم الإشارة إليه بـ "U" بواسطة كلوزيوس عام 1850. تم الاعتراف به أيضًا بشكل مستقل عام 1850 من قبل رانكين، الذي أشار إليه أيضًا بـ "U"؛ وفي عام 1851 بواسطة كلفن الذي أطلق عليه اسم "الطاقة الميكانيكية". في عام 1865 بدأ كلوزيوس في تسمية دالة حالته بـ "الطاقة". وفي عام 1882 أطلق عليها هيلمهولتز اسم "الطاقة الداخلية". [8]

ثانياً: المقارنة الإبستمولوجية

قدّمت نظرية الفلوجيستون تفسيراً للاحتراق، بوجود مادة تنطلق من المواد التي تحترق أو المعادن عند تكليسها. ولأن الدخان واللهب يرتفعان فوق النار فإن ذلك الاستنتاج لم يكن غير منطقي. [6] فعلى الرغم من افتقار نظرية الفلوجيستون إلى الأدلة التجريبية إلا أنها قدّمت تفسيراً. وفي غياب أي شيء أفضل، بقيت على قيد الحياة لما يقرب من مائة عام. أو بالأحرى نجت لسوء الحظ لأن الاعتقاد بوجود الفلوجيستون - وهو نموذج خاطئ- خلق الكثير من

الغموض لدى العلماء في منتصف القرن 18م، وأخربشكل كبير المعرفة والتقدم العلمي وضلل الكيميائيين في العديد من المسائل.

لم يكن لافوازييه بحاجة إلى الفلوجيستون لتفسير أيّ من التفاعلات. فقد سلك نفس طريق جاليليو الذي لم يشكّك في المعطيات التي كانت تتناقض مع النموذج اليوناني القديم للحركة، بل شكّك في النموذج وبذلك غير اتجاه العلم. وكذلك لاحظ لافوازييه تعارض المعطيات العلمية مع نظرية الفلوجيستون؛ لقد صدّق المعطيات وكذب النموذج. وسرعان ما قضى على الفلوجيستون وانتقل لإنشاء عصر الكيمياء الحديث حيث لم يصبح فيه للفلوجيستون أي دور. [9]

يعود الفضل للنظرية المادية في بناء المفهوم الكمي للحرارة وإقامة العلاقات والقوانين، من خلال الانتقال من الكيفي الوصفي إلى الكمي التجريبي. يُعدّ هذا في حد ذاته انتصاراً مبدئياً للنظرية المادية، كما أنها كانت هي الأنسب من الناحية التاريخية والتربوية للتمييز بين الحرارة ودرجة الحرارة دون الحاجة إلى معرفة – يومها – أي شيء عن الطبيعة الحقيقية للحرارة. [7] تبقى النظرية المادية حالياً فعالة بالنسبة للمسائل المتعلقة بالتوصيل الحراري، حيث اعتمدها فورييه Fourier في معالجته النظرية لانتشار الحرارة في الجسم الصلب. وينص قانونه: "يتناسب تدفق الحرارة بين جسمين مع تدرج درجة الحرارة بين هذين الجسمين" [13].

كان بلاك مناصراً لنموذج الكالوريك لكن لم يجعله عائقاً في تجاربه وتفسيراته. وبحلول عام 1765 كان بلاك قد أجرى العديد من التجارب وأثبت بذلك أن المواد المختلفة لها ساعات حرارية مختلفة. وهو اكتشاف يتعارض مع نظرية الكالوريك التي تنص على أن إجمالي الكالوريك يتم تحديده فقط من خلال درجة الحرارة. وبهذا نجح بلاك في التمييز بين درجة الحرارة والسعة الحرارية. وبدأ - دون علم - في وضع أساس مفهوم الطاقة. والجدير بالاهتمام أن عدم توافق النتائج التي توصل إليها بلاك مع نظرية الكالوريك لم يدفعه إلى أية رغبة علنية في قلب النظرية، مما يُظهر مدى صعوبة التخلي عن النموذج القديم وإيجاد نظرية بديلة. [9]

لسوء الحظ وقف لافوازييه مع النظرية الخاطئة والتي تتضمن الكالوريك، بالنسبة له الكالوريك هو الذي يسبب تغيرات في الحرارة أثناء انتقالها بين الأجسام. وبما أن الكالوريك عنصر فلا يمكن خلقه ولا تدميره؛ يجب حفظه. من المحتمل أن تكون فلسفته السابقة فيما يتعلق بانحفاظ الكتلة قد قادتته إلى هذا الاستنتاج. أدى رفع لافوازييه للكالوريك إلى انتكاسة كبيرة لاكتشاف الطاقة وانحفاظها. كما أن مفهوم الكالوريك لم يكن بالضرورة هو المشكلة، كان الأهم من ذلك هو مفهوم الانحفاظ.

اندمج مفهوم الكالوريك والحرارة في النهاية في مفهوم الكمية المحفوظة، وكان هذا أساساً هو الذي أعاق التقدم وأثر على مسار التاريخ. ينطوي اكتشاف الطاقة وانحفاظها بالضرورة على زوال الفلوجيستون والكالوريك. وبينما كان لافوازييه يقضي على الفلوجيستون فقد روج للكالوريك، ممّا أثار للأسف على عمل العديد من العلماء اللاحقين، بما في ذلك كارنو الذي بنى تحليله للمحرك البخاري على فكرة انحفاظ الكالوريك الخاطئة. [9]

نظراً للأدلة المتراكمة ضد الكالوريك، كان الفيزيائيون مستعدين للتخلي عن الكالوريك وتبني نظرية بديلة (أخيراً!!)، وهي الطاقة مع حلول 1840. والجدير بالذكر أن الضربة القاضية النهائية الحاسمة للكالوريك حدثت كنتيجة لعمل كارنو، بالرغم من أن هذا الأخير لم يشرع أصلاً في تحدي الكالوريك. بدلاً من ذلك نشر عملاً هاملاً في حد ذاته، كان من شأنه أن يؤسس بدايات الديناميكا الحرارية باستثناء فرضية أساسية واحدة خاطئة المتمثلة في انحفاظ الكالوريك.

أدى تغيير كلوزيوس الذي يبدو بسيطاً وعميقاً جداً لهذه الفرضية إلى انحفاظ الطاقة مع القضاء على الكالوريك في نفس الوقت وإلى الأبد، من خلال شرح محرك كارنو من حيث الطاقة بدلاً من الكالوريك: "تدخل الطاقة

إلى المحرك من الفرن الساخن ويتم تحويل بعضها إلى عمل، والباقي يغادر المحرك من خلال المكثف البارد. مجموع الطاقة الخارجة والعمل المنجز يجب أن يساوي الطاقة الداخلة". بمعنى آخر، وفقاً لكولزيوس بين كارنو وجول من خلال تحويل الحديد من انحفاظ الكالوريك إلى انحفاظ الطاقة، وتوحيد كل من الحرارة والعمل كشكلين مختلفين من الكمية المحفوظة تسمى الطاقة. وبذلك تم إزالة الغموض والالتباس. [9]

إنّ توظيف آليات الميكانيك (مفاهيم ونماذج) في مجال الظواهر الحرارية شكّل عائقاً أمام تطور مفهوم الحرارة. هذه المماثلات كثيرة في أعمال علماء مرموقين مثل ديكارت، كبلر، هيوجنز، [لايبنيز](#) Leibniz وغيرهم، الذين حاولوا وصف وتفسير الظواهر الحرارية بواسطة نماذج ميكانيكية (النموذج الطاقوي للحرارة). [5]

إن فهم تاريخ الطاقة مرتبط بفهم تاريخ دراسة الغازات، فقد اعتمد كل من كارنو و [كلايرون](#) Clapeyron وطومسن وكولزيوس على معادلة الحالة للغاز المثالي في توجيه تحليلهم للمحرك البخاري. كما أعطت العلاقة بين P و V و T لمحة عن العلاقة بين العمل والحرارة التي أصبحت أساساً للنظرية الميكانيكية للحرارة وما تلاها من نظرية الطاقة وانحفاظها. كما يُعدُّ أيضاً الاختلاف بين السعة الحرارية عند ضغط ثابت (C_p) والسعة الحرارية عند حجم ثابت (C_v) أحد المكونات الحاسمة لحساب ماير للمكافئ الميكانيكي للحرارة. [9]

يتجلى العائق الإبستمولوجي الذي تبلور من خلال ما سبق في كون المعرفة العلمية الأولى يمكن أن تشكل عائقاً في وجه تقدم وتطور العلم. وتتمثل في التجربة الحسية، فما تقدّمه الحواس يفرض على العقل التصديق الكلي ويلغي دوره في التفكير والنقد [4]، والتجربة الأولى لا تقدم الصورة الصحيحة للظواهر ولا حتى وصف الظواهر المنتظمة بدقة. [1] لذلك ينادي باشلار Bachelard بضرورة هدم المعارف السابقة لكونها خاطئة وناجئة عن التجارب الإنسانية الأولى التي تخفي مختلف المكبوتات، ويكون ذلك بإجراء الامتحان وإضفاء الصبغة العقلانية عليها. [3]

إن تاريخ العلوم هو تاريخ للقطائع الإبستمولوجية، قطائع منهجية على مستوى التصورات وعلى مستوى المناهج. وهي قطائع من داخل العلم لا من خارجه، فالعلم يتباطأ في مرات ويتسارع في مرات أخرى، وذلك عند وجود عوائق وقطعية بين مرحلة وأخرى. [2]

خاتمة

تكشف لنا المقارنة التاريخية والإبستمولوجية لمفهوم الحرارة بأن العلوم والنظريات العلمية لا تبنى عن طريق توالي وتسلسل الأحداث وتراكمها، بل عن طريق إعادة تنظيم هذه الأحداث من خلال القطيعة الإبستمولوجية التي من خلالها يتم تجاوز مختلف العقبات والصعوبات المصادفة. وهي تُعدُّ قفزات ثورية كبرى وفترات انتقال نوعية تحدث في تاريخ العلم، وبفضلها تتحقق القطيعة بين المعرفة العلمية والمعرفة العامة من خلال بناء نظريات علمية جديدة ليست استمراراً لتلك المعتقدات والنظريات الموجودة من قبل. وبالتالي فتاريخ العلوم هو تاريخ فصل بين معارف قديمة لم تعد قادرة على تفسير المستجدات العلمية ومعارف حديثة أدق وأشمل.

المراجع

- [1] باشلار، غاستون، تكوين العقل العلمي، ترجمة خليل أحمد خليل، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، بيروت، 1983.
- [2] جابر، مليكة، إسهام الإبستمولوجيا في تعليمية علم الاجتماع، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، (8)، الجزائر، ص. 390-405، 2012.

- [3] حميدي، لخضر، المفاهيم الإبستمولوجية الأساسية في فلسفة "غاستون باشلار"، مجلة العلوم الاجتماعية والإنسانية، 10 (2)، الجزائر، ص. 485-469، 2020.
- [4] زريوق، ليليا، المنهج ومسألة القطيعة الإبستمولوجية عند غاستون باشلار، مجلة آفاق للعلوم، 6 (1)، الجزائر، ص. 336-329، 2021.
- [5] عليلات، محمد؛ العلوي، محمد، ديداكتيك العلوم الفيزيائية، فيزيكا (Physica)، مجلة جمعية مدرسي العلوم الفيزيائية (بشراكة مع المركز الأكاديمي للتوثيق والنشيط والإنتاج التربوي)، (2)، تادلا-أزيلال، المغرب، ص. 9-2، 2002.
- [6] كوب، كاتي؛ جولد وايت، هارولد، إبداعات النار: تاريخ الكيمياء المثير من السيمياء إلى العصر الذري، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، عالم المعرفة، 266، الكويت، 2001.
- [7] Agabra, J., Echanges thermiques, Aster: Recherches en didactique des sciences expérimentales, (2), p. 1-41, 1986.
- [8] Derksen, B., Thermodynamics everything you need to know, z-lib.org
- [9] Hanlon, R.T., Block by Block: The historical and theoretical foundations of thermodynamics, Oxford University Press, 2020.
- [10] Hatsopoulos, G.N & Keenan, J. H., Principles of General Thermodynamics, Wiley, 1965.
- [11] Müller, I., A History of Thermodynamics, The Doctrine of Energy and Entropy, Springer, 2007.
- [12] Sénéchal, D., Histoire des sciences, Notes de cours (PHQ-399), Université de Sherbrooke, Faculté des sciences, Québec, 2001.
- [13] Zimmermann, M. L., Concept de chaleur: contribution à l'étude des conceptions d'élèves et de leurs utilisation dans un processus d'apprentissage, Thèse de doctorat, Université de Genève, 1990.



تعليمية وتربية

ملاحظات حول صعوبات تدريس الظواهر الميكانيكية

في الطورين المتوسط والثانوي في الجزائر

الجزء الأول: الصعوبات

عبد العزيز براح

أستاذ متقاعد، بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

abdelaziz.berrah@g.ens-kouba.dz

يهدف هذا المقال الملخص إلى محاولة تسليط الضوء على بعض الصعوبات العلمية والتعليمية التي يواجهها الأستاذ عند تدريس الظواهر الميكانيكية في بلادنا، سواء في الطور المتوسط أو الثانوي. ورغم الحجم الساعي المعتبر المخصص لميدان الميكانيك في الطورين هناك عدم تكامل بين الطورين لعدة أسباب، منها الاختلاف في المقاربة المحددة في المناهج لتدريس المفاهيم، خاصة مفهوم القوة ومبدأ الفعلين المتبادلين. تضاعف هذا الاختلاف بعد التغيير الشامل للمناهج الطور المتوسط في 2015 مع بقاء مناهج الثانوي 2005 دون تغيير مماثل.

نظراً للدور الأساسي لكيفية التقييم وللكتب المدرسية في العملية التعليمية، تتميز طريقة تدريس مفهوم الجملة الميكانيكية ومفهوم القوة ومبدأ الفعلين المتبادلين بوجود نقائص علمية وتعليمية عديدة مع وجود محتشم للنشاطات التجريبية المقترحة للتلميذ، وللتقويم بالوضعية الإدماجية. ومن الأسباب الأساسية أنماط الامتحانات النهائية في الطورين والتي تركز على حفظ تمارين، ولا تسمح بتقييم مستوى التحكم في الكفاءات الختامية المحددة في المناهج وخاصة الكفاءات العرضية. من جانبها زادت الدروس الخصوصية، والمنتشرة عبر شبكة الإنترنت، الوضعية تعقيداً بالتركيز على حفظ حلول مهمة للتمارين.

سنقدم بعض الاقتراحات من الجانبين العلمي والتعليمي لمعالجة بعض النقائص ومساعدة الأساتذة لتحسين تدريسهم لميدان الميكانيك في المتوسط والثانوي.

1. مقدمة

تعتمد دراسة الظواهر الميكانيكية في الطورين المتوسط والثانوي على مفهومي الجملة الميكانيكي والقوة ومبدأ الفعلين المتبادلين. وقد خصصت لها المناهج حجماً ساعياً مهماً مع نسبة معتبرة للنشاطات التجريبية. السؤال الطبيعي المطروح هو: هل يوجد تكامل واستمرارية بين الطورين؟ وهل يسعى الطور المتوسط لبناء المكتسبات القبلية للطور الثانوي في مجال الظواهر الميكانيكية؟ الجواب هو: لا، لعدة أسباب متعلقة بالمناهج واختلاف المقاربة التعليمية المحددة في الطورين وأسلوب التقويم النهائي.

تتميز منظومتنا التربوية بجمود مناهجها عكس ما يحدث في العالم حيث الميزة الأساسية للمناهج هي التطور والتكيف حسب نتائج تطبيق أولي وملاحظات كل مكونات السلك التربوي. تسبب جمود مناهجنا في مضاعفة الفجوة وعدم الاستمرارية بين الطورين. نذكر أن المناهج المطبقة حالياً صدرت في 2005 بالنسبة للثانوي وفي 2015 للمتوسط (وسميت بمناهج الجيل الثاني). وبقيت هذه المناهج دون تغيير جذري (ما عدا تخفيفات وتوزيعات سنوية خلال مرحلة وباء كورونا 2019).

إنّ مناهج الثانوي مبنية على أساس مناهج المتوسط القديمة (أو الجيل الأول). ورغم إدخال المقاربة بالكفاءات كمبدأ أساسي لكل المناهج، ظهر نقص في التنسيق الشاقولي بين السنوات في نفس المادة التعليمية، والتنسيق الأفقي بين مختلف المواد لنفس السنة. لذلك تمتّ عملية إعادة كتابة المناهج من طرف اللجنة الوطنية للمناهج والمجموعات المتخصصة للمواد بعد إصدار وثيقتين أساسيتين، هما المرجعية العامة للمناهج والوثيقة المنهجية لبناء المناهج سنة 2009. بعد إصدار هاتين الوثيقتين بدأت عملية إصلاح المناهج السابقة بمقاربة شاملة بين الأطوار والمواد بالاعتماد على ملمح التخرج والكفاءات الختامية لكل طور ولكل سنة ولكل مادة. إنها المبادئ النظرية لمناهج الجيل الثاني. أهم ما يميّز هذا التوجّه الجديد، المتمثّل في المقاربة بالكفاءات، هو إمكانية أن يجنّد المتعلّم مجموعة من الموارد المندمجة لحلّ عائلة من الوضعيات المشكلة. إنّها تفضّل منطق التعلّم -الذي يركّز على التلميذ وردود أفعاله في مواجهة وضعيات مشكلة- على منطق التعليم الذي يعتمد على تحصيل المعارف والمعلومات فقط. شملت هذه العملية الطورين الابتدائي والمتوسط في 2015، ولم تمس الطور الثانوي لصعوبات عديدة منها، إصلاح امتحان البكالوريا وإعادة هيكلة التعليم الثانوي.

1- الموارد المنهجية:

استخدام الاستدلال العلمي
اتباع المسعى العلمي في استقصاء المعلومات:
استخدام الملاحظة العلمية:
اتباع المسعى التجريبي:
اتباع مسعى حل المشكلات:
التعبير باللغة العلمية الملائمة كتابيا وشفويا:
الاستخدام السليم لأدوات القياس طريقة ووسيلة:
التعبير عن نتيجة القياس:
الكتابة العلمية للمقادير والعلاقات:
توظيف النماذج الخاصة ببنية المادة والتيار الكهربائي والطاقة والضوء:
تسيير جيد لفضاء العمل والوقت المتاح لإنجاز المهمة:
احترام التعليمات:
تحقيق تركيبات تجريبية بسيطة باستقلالية:
الوعي بحالة الخطورة واتخاذ الاحتياطات الأمنية الضرورية عند التعامل مع المواد الكيميائية والتجهيز و،
الخطر.

الشكل 1. الموارد المنهجية (مأخوذة من مناهج العلوم الفيزيائية)

تكوّن الظواهر الميكانيكية جزءا معتبرا من مناهج المتوسط والثانوي، خاصة في السنة الرابعة متوسط والسنة النهائية في الثانوي. وتُكلّل بالامتحانات الرسمية، خاصة امتحان البكالوريا الذي يشمل تقويم الكفاءة الختامية والكفاءات العلمية للميدان والكفاءات المنهجية، والتي هي ملخصة في الشكل 1. نحاول في هذا المقال تشخيص بعض أسباب عدم تحقيق هذه الكفاءات والنقائص العلمية والتعليمية في تدريس الجملة الميكانيكية والقوة ومبدأ الفعلين المتبادلين.

2. مفهوم الجملة الميكانيكية

نلخص في الجدول التالي خصائص الجملة الميكانيكية وبعض النقائص في تدريسها.

جدول خصائص الجملة الميكانيكية وبعض النقائص في تدريسها	
بعض النقائص في تدريسها	خصائص الجملة الميكانيكية
- عدم تعيين الجملة المدروسة في البداية، - عدم تعيين الجملتين في مبدأ الفعلين المتبادلين، - إهمال جمل، مثل الخيط والمسار، رغم تطبيقها قوى نظرا لصغرهما، - عدم التمييز بين حالة نقطة وحالة جسم واسع في تطبيق خصائص لظواهر فيزيائية كدافعة أرخميدس وقوى الاحتكاك، - اعتبار أن لجملة غير نقطية مسارا وسرعة وتسارعا، - اختيار حالة خاصة لمبدأ الفعلين المتبادلين بجملتين متماثلتين، - اعتبار تسارع بعض عناصر جملة هو تسارع مركز العطالة والجملة ليست في حركة انسحابية. (باك ر. و ت. ر. 2015)	- الجملة الميكانيكية هي نقطة مادية أو مجموعة من النقاط المادية أو جسم مادي واسع أو جزء من جسم. تكتسب الجملة الميكانيكية كتلة. يمكن إهمال كتلة جملة ميكانيكية في حالة وجود جمل بكتل أكبر بكثير من كتلتها الصغيرة. - يمكن أن تكون الجملة الميكانيكية صلبة أو سائلة أو غازية أو خليطا من هذه الحالات. - يتم تعيينها بحرف أو رقم أو كلمة مع تعيين الحيز الذي تشغله. - تتميز الجملة الميكانيكية بتطبيق قوة على جملة أخرى حسب مبدأ الفعلين المتبادلين. - تكتسب الجملة الميكانيكية غير النقطية نقطة خاصة تسمى مركز عطالتها G، وهذه النقطة منطبقة على مركز الكتل أي مركز الأبعاد المناسبة للكتل المكونة للجملة. في حالة جملة نقطية فإن G منطبقة عليها. - بما أنه في الحركات، دراسة المسار والسرعة والتسارع تخص نقطة فإن تطبيق مبدأ العطالة والمبدأ الأساسي للتحريك يتعلقان بمركز عطالة الجملة فقط وليس بالنقاط الأخرى. تسمح خصائص الحركة الانسحابية لدراسة تطبيق المبدأين على مجموعة من النقاط أو جملة واسعة، حيث كل نقاط الجملة لها نفس الحركة كمركز عطالتها G، أي لها نفس شكل المسار وأشعة السرعة مسايرة لـ $\vec{v}_G$ وأشعة التسارع مسايرة لـ $\vec{a}_G$. - تخص الحركة الانسحابية والحركة الدورانية حالة جسم واسع ولا تخص حالة نقطة.

3. مفهوم القوة في الطورين المتوسط والثانوي.

في منهاج السنة الرابعة متوسط يتم تقديم مفهوم القوة كفعل ميكانيكي تؤثر به جملة ميكانيكية على جملة أخرى حسب مبدأ الفعلين المتبادلين أو القانون الثالث لنيوتن. يشمل التعريف المقترح مجموعة من الخصائص كالطابع الشعاعي والتأثيرات الميكانيكية على الجملة والتميز، ثم دراسة شرطي توازن جسم صلب تحت تأثير قوتين وثلاث قوى، ومفهوم المحصلة ثم دراسة دافعة أرخميدس.

أما في مناهج الطور الثانوي، فمفهوم القوة وارد في السنوات الثلاثة العلمية:

- في السنة الأولى جذع مشترك علمي، يتم تقديم مفهوم القوة اعتمادا على مبدأ العطالة أو القانون الأول لنيوتن ثم دراسة مبدأ الفعلين المتبادلين؛
- ويوظف مفهوم القوة في السنة الثانية لدراسة العمل والطاقة وشرطي توازن الجسم الصلب؛
- ثم تتم دراسته في السنة الثالثة بالمبدأ الأساسي للتحريك أو القانون الثاني لنيوتن ومبدأ الفعلين المتبادلين.

حسب منهاج السنة الأولى جذع مشترك علمي والوثيقة المرافقة، يمكن توظيف مبدأ العطالة كوسيلة للكشف عن وجود قوة مطبقة على جملة A إذا كانت حالتها الحركية متغيرة. تعتمد هذه المقاربة على حالة عدم وجود مبدأ العطالة الذي يخص الحركة المستقيمة المنتظمة أو السكون، ولا يشمل الحركة المتغيرة أي المتسارعة الخاصة بالمبدأ الأساسي للتحريك.

لهذه المقاربة -التي تعتمد على مبدأ العطالة- نقائص وصعوبات عديدة ظهرت في الكتاب المدرسي والدروس، نذكر أهمها باختصار:

- في هذه المقاربة، يتم توظيف مبدأ العطالة خارج مجال صلاحيته بدلا من مبدأ الفعلين المتبادلين والمبدأ الأساسي للتحريك المبرمج في السنة النهائية.

- توجد صعوبات تعليمية لتقديم مفهوم القوة بالاعتماد على جملة معزولة أو شبه معزولة، لأن الجملة معزولة لا تؤثر عليها قوة والجملة شبه معزولة تؤثر عليها قوى من الوسط الخارجي محصلتها معدومة، حيث وجود هذه التأثيرات ناتج عن مبدأ الفعلين المتبادلين وليس عن مبدأ العطالة. الحالة التي يسمح توظيف مبدأ العطالة بوجود قوة هي حالة جملة شبه معزولة تحت تأثير عدة قوى واحدة فقط مجهولة. يسمح تطبيق مبدأ العطالة باكتشاف وجود قوى عطالية أو ما يسمى بشبه قوى (التي هي خارج منهاج الثانوي) في المعالم اللاعطالية لتفسير مثلا، السكون الظاهري لقمر جيوستقر بالنسبة لمعلم سطحي أرضي رغم أنه خاضع لثقله فقط كقوة ناتجة عن تأثير الأرض عليه.

النقص العلمي في المقاربة المحددة في المنهاج لدراسة مبدأ العطالة هو الاعتماد على نص مهم يتعلق بسكون أو حركة مستقيمة منتظمة لجسم، وغياب مركز العطالة في النص وهي النقطة الأساسية المعنية بالسكون أو الحركة المستقيمة المنتظمة.

من الجانب التعليمي يوجد جانب إيجابي في دراسة مفهوم القوة في السنة الأولى ثانوي، وهو التركيز المطول على ربط بين حامل وجهة شعاعي القوة $\vec{F}$ وتغير السرعة $\Delta\vec{v}$ بدون تفسير نظري لمعالجة تصورات والتحليلات الطبيعية للتلاميذ التي تربط شعاع القوة $\vec{F}$ بشعاع السرعة $\vec{v}$ وفق ما يسمى في التعليمية بأفكار أرسطو. تسمح أيضا هذه الدراسة لتحضير دراسة المبدأ الأساسي للتحريك.

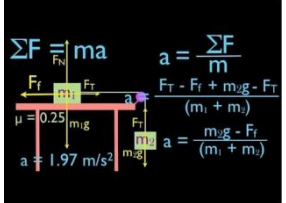
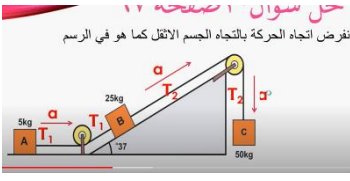
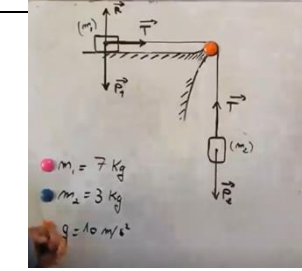
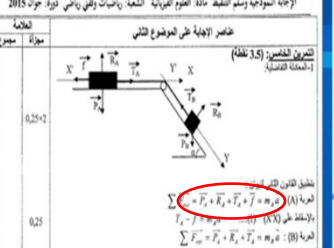
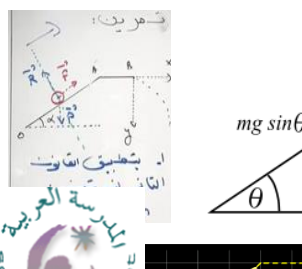
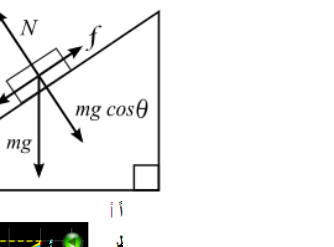
1.3. مقارنة كيفية تدريس مفهوم القوة في المتوسط والثانوي

يلخص الجدول التالي نقائص وإيجابيات مقارنة تقديم مفهوم القوة في الطورين المتوسط والثانوي.

جدول ملخص لكيفية تقديم مفهوم القوة حسب الخصائص			
في السنوات الثلاثة للشعب العلمية		في السنة الرابعة متوسط	
النقائص	الجوانب الإيجابية	النقائص	الجوانب الإيجابية
مقاربة معقدة لتعريف القوة (نفي مبدأ العطالة)، عدم الاعتماد على مبدأ الفعلين المتبادلين	دراسة مبدأ العطالة والجملة المعزولة أو شبه المعزولة	نقص في الدراسة التجريبية لخصائص مبدأ الفعلين المتبادلين	الاعتماد على مبدأ الفعلين المتبادلين للتعريف
اعتبار الخصائص الشعاعية للقوة كمكتسبات قبلية، نقص في دراسة خصائص المحصلة	القوة كمقدار شعاعي واستعمال الترميز $\vec{F}_{A/B}$	نقص في دراسة خصائص المقدار الشعاعي: حامل جهة وشدة، تعريف رياضي للمحصلة دون الشروط الفيزيائية لوجودها	القوة كمقدار شعاعي واستعمال الترميز $\vec{F}_{A/B}$
دراسة بيانية ينقصها تفسير هذه العلاقة من الجانب النظري والتي هي خارج المنهاج، العلاقة هي $\vec{F} = \Delta \vec{P} / \Delta t = m \Delta \vec{v} / \Delta t$	ربط بياني للشعاعين $\vec{F}$ و $\Delta \vec{v}$ لمعالجة بعض التصورات	صعوبة تحديد معنى تغيير الحالة الحركية للجملة (مثلا حركة دائرية منتظمة أو القذيفة)	إدخال تغيير الحالة الحركية للجملة في تعريف القوة
نقص في توظيفها في النشاطات	تصنيف القوى الأساسية الأربعة	تهميشها في التعريف رغم الاعتماد عليها في دراسة التوازن	المحافظة على توازن الجملة
نقص في توظيفها في النشاطات	دراسة قوة الجاذبية وقوة كولون	خاصية أساسية تسمح بتعيين الحامل لقياس شدة القوة، عدم اختيار جملة ملائمة كالمحاط	تغيير شكل الجملة
تهميش العلاقة بين الطاقة والقوة، والتي تسمح بتحديد القوة بالاعتماد على الطاقة.	القوة ونظريات الطاقة في السنة الثانية	غياب تصنيف القوى ولو بذكر الجاذبية والكهربائية والفرق بينهما	الطبيعة الفيزيائية للقوة
في السنة الثالثة، رغم وجود قوانين نيوتن في المنهاج، فإن دراسة المبدأ الأساسي للتحريك ناقصة، خاصة الطابع الشعاعي لعلاقة المبدأ باعتبار الخصائص الشعاعية للقوة كمكتسبات قبلية مع تهميش مبدأ العطالة ومبدأ الفعلين المتبادلين.		غيابها في دراسة مبدأ الفعلين المتبادلين	كيفية التأثير: بعدي أو تلامسي تأثير نقطي أو موزع
		نقص في النشاطات التجريبية المقترحة للتلميذ خاصة خلال دراسة مبدأ الفعلين المتبادلين	

2.3. نقائص في توظيف القوة كمقدار شعاعي

يمكن تلخيص هذه النقائص والأخطاء العلمية والتعليمية باعتبار المقدار الشعاعي كمقدار سلمي، ويمكن تلخيصها في الجدول التالي.

جدول لبعض العمليات الغامضة والأخطاء حول القوة كمقدار شعاعي	
الأشكال المستعملة	طبيعة الخطأ
 	استعمال الرمز F لتعيين شعاع القوة بدون السهم
 	- استعمال نفس الرمز ونفس التسمية لقوتين مختلفتين لكن لهما نفس الشدة، كمثال لقوة «توتر الخيط» $\vec{T}$ رغم اختلاف الحامل والجملة المتأثرة. - نفس الخطأ لتعيين شعاع تسارع الجملة، أي اعتبار شعاع تسارع الجملة المكونة من عدة عناصر هو شعاع تسارع كل عنصر (مثال الحل النموذجي للتمرين 5 بالك ر. و ت. ر. 2015). - حل خاطئ في تحديد محصلة القوى المطبقة على الجملة (A+B) وتحديد عبارة تسارع مركز عطالتها (الجملة ليست في حركة انسحابية)
 	سلسلة من الأخطاء المرتكبة في دراسة المستوي المائل: - تعيين خاطئ لمركبي لقوة ثقل جسم على مستوى مائل : $\vec{P} \sin \alpha$ و $\vec{P} \cos \alpha$ كمركبتين للثقل $\vec{P}$. - ربط عدم وجود حركة (أي السرعة $\vec{v}$) وفق المحاور العمودي على المستوى المائل بعدم وجود قوة (أفكار أرسطو). - رسم بياني للقوى بشدات تتناقض مع الحالة المدروسة. - استعمال الرمز $\vec{R}$ للمركبة العمودية. - علاقات خاطئة بين الأشعة : مثال ق/ب=ق/1/ت بين قوتين بحاملين مختلفين، أي اعتبار المقدار الشعاعي كمقدار سلمي والعلاقة بين الشدتين تعمم إلى علاقة بين الشعاعين رغم اختلاف الحاملين.

3.3. نقائص في توظيف مفهوم محصلة قوتين

يمكن اعتبار أن مفهوم المحصلة مفهوم أساسي لتدريس القوة كمقدار شعاعي وإبراز الفرق بين المقدار الشعاعي والمقدار السلمي في الفيزياء. تعتمد العلاقتان المعبرتان عن مبدأ العطالة وعن المبدأ الأساسي للتحريك على محصلة القوى.

في تفسير الطابع الشعاعي للقوة ودراسة شرطي التوازن ومبدأ العطالة والمبدأ الأساسي للتحريك فإن هذا المفهوم مهمّش في التعريف والخصائص وتُرتكب أخطاء عند رسمه البياني.

- تعريف مبسط لمفهوم محصلة قوتين: محصلة قوتين $\vec{F}_{2/1}$ و $\vec{F}_{3/1}$ هي القوة $\vec{R}_{2,3/1}$ التي لها نفس التأثير الميكانيكي للقوتين، حيث لدينا:

$$\vec{R} = \vec{F}_{2/1} + \vec{F}_{3/1}$$

ويمكن تعويض القوتين بمحصلة $\vec{R}$ في تطبيق مبدأ العطالة (والشرط الأول للتوازن) والمبدأ الأساسي للتحريك. في هذا التعريف تتميز المحصلة بجانبين: جانب رياضي وجانب فيزيائي. -الخاصية الرياضية هي العلاقة الشعاعية:

$$\vec{R} = \vec{F}_{2/1} + \vec{F}_{3/1}$$

-والخاصية الفيزيائية مكونة من شرطين:

- الشرط الفيزيائي الأول: $\vec{F}_{2/1}$ و $\vec{F}_{3/1}$ مطبقتان على نفس الجملة الميكانيكية.

مثلا خلال دراسة تركيب مكّون من الجمل الميكانيكية a, b, c ودراسة الحالة الحركية للجملة a يمكن

تعويض القوتين $\vec{F}_{b/a}$ و $\vec{F}_{c/a}$ بمحصلة $\vec{F}_{bc/a} = \vec{F}_{c/a} + \vec{F}_{b/a}$.

لا يمكن اعتبار المجموع الشعاعي $\vec{F}_{a/b} + \vec{F}_{c/a}$ كمحصلة قوتين مطبقتين على a . يوضّح هذا المثال بعض فوائد الترميز المعتمد في المناهج لتعيين شعاع القوة برمز $\vec{F}_{b/a}$ ويسمح باكتساب كفاءة منهجية لحل المسائل بتعيين مسبق للجملة المدروسة والمعلم لكتابة العلاقات.

- الشرط الفيزيائي الثاني: لمحصلة قوتين نفس التأثير الميكانيكي على الجملة المدروسة. أي إذا كانت ساكنة

تحت تأثير عدة قوى تبقى ساكنة بعد تعويض قوتين أو أكثر بمحصلة القوى، وإذا كان مركز عطالة الجملة متسارعا يبقى بنفس التسارع بعد تعويض قوتين أو أكثر بالمحصلة.

- توظف المحصلة فقط في العلاقات للجمع الشعاعي للقوى كمبدأ العطالة والمبدأ الأساسي للتحريك.

- في الطور المتوسط والطور الثانوي يستعمل مفهوم محصلة قوتين بشرط وجود القوتين في نفس المستوي.

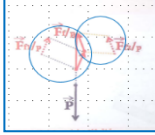
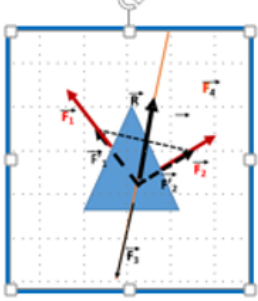
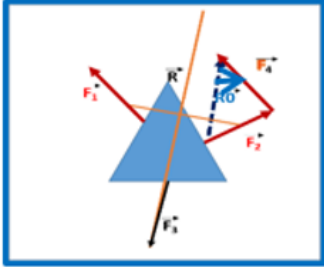
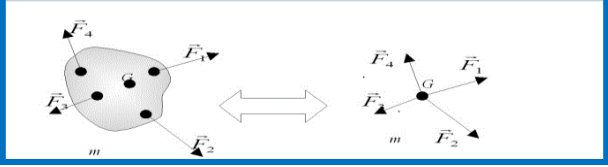
لا يمكن توظيف المحصلة في نظريات الطاقة (الحركية والكامنة والميكانيكية)، أي العلاقات الخاصة بمجموع

أعمال القوى أو مجموع عزوم القوى، لأنه يمكن أن يكون مجموع قوتين يساوي الشعاع المعلوم ومجموع العزوم غير معدوم كحالة المزدوجة. يمكن أيضا أن يكون مجموع قوتين يساوي $\vec{0}$ ومجموع أعمال القوتين غير معدوم، عكس ما يتصوره التلاميذ وبعض الأساتذة. تبرز هذه التحفظات عند البحث عن الشرط الثاني لتوازن الجسم الصلب الخاضع لعدة قوى بعد التأكد من الشرط الأول أي محصلة القوى معدومة.

تسمح هذه الخاصية برسم المحصلة كقطر لمتوازي الأضلاع انطلاقا من نقطة تقاطع حاملتي القوتين، وعدم

ارتكاب الخطأ الفيزيائي في رسم المحصلة بإخراج القوة من حاملها الأصلي وتعويضها بقوة مسايرة لها أي بحامل مواز مع الاحتفاظ بنفس الشدة والجهة بالطبع. لماذا هذه العملية خاطئة فيزيائيا؟ لأنها غيرت عزم القوة وغيرت الحالة الحركية للجملة.

نلخص في الجدول التالي الأخطاء المرتكبة في دراسة ورسم المحصلة واقتراحا للتصحيح.

	مراحل غامضة لرسم المحصلة في الصفحة 68 من الكتاب المدرسي (الرابعة متوسط)، بإزاحة القوى خارج حاملها.
 الرسم الصحيح للمحصلة $\vec{R}$ تمثل محصلة القوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$  الرسم الخاطئ للمحصلة $\vec{R}_0$ ليست محصلة القوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$	شكل توضيحي لدراسة توازن الجسم، حالة ثلاث قوى بعد رسم القوى وحواملها نتأكد أن الحوامل تتلاقى في نقطة واحدة، نزيح قوتين إلى هذه النقطة ونرسم قطر متوازي الأضلاع الواصل بين نهايتهما ثم نرسم القطر الثاني الذي يمثل المحصلة $\vec{R}$ ونتأكد أن لهما نفس الحامل كالقوة الثالثة ونفس الشدة أي $\vec{R} + \vec{F}_3 = \vec{0}$ أي $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$
	حالة خاصة: يمكن إزاحة القوى بصفة مسايرة مع إخراجها من حاملها الأصلي عند تطبيق المبدأ الأساسي للتحريك الذي يعطي تسارعا مركز عطالته G وفق العلاقة $\vec{R} = \sum \vec{F}_{ext} = M \vec{a}_G$ نزيح القوى المطبقة على الجملة الواسعة بصفة مسايرة ونرسمها في G حيث M كتلة الجسم الواسع و $\vec{a}_G$ تسارع مركز عطالته.

4. مبدأ الفعلين المتبادلين في المتوسط والثانوي.

كما ذكر سابقا، أعطيت أهمية كبيرة لهذا المبدأ في مناهج السنة الرابعة متوسط خاصة في اكتشاف القوة، عكس ما جاء في مناهج الثانوي. رغم ذلك توجد صعوبات عديدة لتدريس هذا المبدأ، وكثير منها ناتج عن كيفية تقديم هذا المبدأ.

مازالت عدة بلدان عربية خاصة في الشرق الأوسط تعتمد على النص التاريخي الأصلي التالي:

لكل فعل ردّ فعل يساويه في الشدة ويعاكسه في الاتجاه.

يمكن في الجدول التالي تلخيص بعض النقائص العلمية والتعليمية لهذا النص.

النقائص التعليمية	النقائص العلمية
اعتبار أن "الفعل" يسبق "رد الفعل" أي أنهما غير متزامنين	عدم تعيين المعلم العطالي الذي يصلح فيه تطبيق المبدأ
استعمال مصطلحات غامضة كمبدأ الأفعال المتبادلة رغم وجود قوتين دون ثلاثة أو أكثر	اعتبار أن "الفعل" يسبق "رد الفعل" أي أنهما غير متزامنين، وأن الفعل سبب، وردّ الفعل نتيجة في التأثير المتبادل
استعمال الترميز المهم $\vec{R}$ وأو $\vec{R}$ لردّ الفعل المزعوم	عدم تعيين الجملتين المعنيتين بالتأثير المتبادل
عدم استعمال الترميز $\vec{F}_{1/2}$ و $\vec{F}_{2/1}$	عدم تعيين خاصية "نفس الحامل للقوتين"
اختيار الحالة الخاصة بجملتين متماثلتين	اعتبار أن تساوي شدتي القوتين ناتج عن تماثل الجملتين

عدم ذكر الخصائص الفيزيائية العديدة (التزامن، نفس الطبيعة الفيزيائية، نفس كيفية التأثير، غياب الوسيط، مبدأ صحيح مهما كانت الحالة الحركية للجملتين)	عدم ذكر الخصائص الفيزيائية العديدة (التزامن، نفس الطبيعة الفيزيائية، نفس كيفية التأثير، غياب الوسيط، مبدأ صحيح مهما كانت الحالة الحركية للجملتين)
عدم التركيز أن هذا المبدأ يصف وجود قوتين بين جملتين (كقانون كولون الذي يعطي وجود قوتين بين شحنتين) ولا يصف التوازن أو حركة جملة	اعتبار أنه قانون للحركة واعتباره قانونا لتوازن الجسم أي خلط بين القانون الأول والقانون الثالث لنيوتن
صورة من شريط في شبكة الإنترنت لمقر تربوي مصري ترتكب فيه أغلبية النقائص:	4 الاعتماد على النص التاريخي.
	5 عدم استعمال الترميز الشعاعي الكامل للقوى،
	6 في دراسة حالة اليد والجدار، رسم القوتين بحاملين متوازيين ومختلفين،
	7 اعتبار أنها حالة توازن،
	8 عدم ذكر الخصائص الفيزيائية،
	9 في دراسة حالة ثلاث جمل: المطرقة والمسمار والخشب، أخطاء فادحة في تعيين الفعلين المتبادلين للحالات الثلاثة باعتبار فقط 3 قوى بدلا من 6.
صور من أشرطة في شبكة الإنترنت لمقر تربوي إماراتي وهندي بعدة نقائص وأخطاء	• اعتبار أن ثقل العلبة والقوة العمودية كتأثير متبادل،
	• خلط بين شرط التوازن ومبدأ «الفعل ورد الفعل»
	• إدخال وسيط (الحبل) بين الجملتين،
	• اعتبار أن م.ف.م. أي القانون الثالث لنيوتن قانونا للحركة.

خلاصة الجزء الأول

نظرا لهذه النقائص، سنقدم في الجزء الثاني بعض الاقتراحات العلمية والتعليمية لتحسين تدريس مفهوم القوة ومبدأ الفعلين المتبادلين في الطورين المتوسط والثانوي، وذلك في انتظار إصلاح شامل للمناهج الحالية.

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 الإجماعي 2003.
- [4] وزارة التربية الوطنية، مناهج التعليم الإجماعي 2015.
- [5] وزارة التربية الوطنية، مناهج التعليم الثانوي 2005.
- [6] الديوان الوطني للامتحانات والمسابقات، امتحان البكالوريا، العلوم الفيزيائية، شعبة ر.، وت.ر. جوان 2015.
- [7] جريدة الخبر، نص تمرين في الفيزياء لتحضير التلاميذ لامتحان شهادة التعليم المتوسط، ص. 20، 20 ماي 2011.
- [8] جريدة الخبر، حل تمرين في الفيزياء لتحضير التلاميذ لامتحان شهادة التعليم المتوسط، ص. 30، 21 ماي 2011.

بؤس الفلسفة في المدرسة الجزائرية

الحسين صوالح محمد

أستاذ الفلسفة، متقاعد

philo.souf@gmail.com

"بؤس الفلسفة" عنوان كتاب للفيلسوف الألماني كارل ماركس Karl Marx، وفيه ينتقد الفلسفة التي بقيت لقرون تحاول تصوّر العالم عوض العمل على تغييره. بؤس الفلسفة بالنسبة لماركس عجزها رغم قدرتها على تحويل وظيفتها والخروج من شرقة التأمل المجرد العقيم إلى آفاق المعاناة الإنسانية الرحب.

هذا البؤس الذي يصف به ماركس الفلسفة أراه عنوانا مناسباً لحال الفلسفة في التعليم الثانوي. فعوض أن تكون ذات وظيفة جليلة تساهم في التشكيل الفكري والقيمي لدارسها وتفتح لهم آفاق المعرفة والفكر النقدي البناء، تحولت إلى ركام من الغوامض والطلاسم، يجد الطلبة غنّاً كبيراً في فك رموزها وألغازها. لقد تحولت الفلسفة إلى ما يشبه ترانيم دين وثني أسطوري قديم، على المريدين من الطلبة أداءها بأمانة كبيرة وجهل فاضح لأنّ قداسة "المنظومة التربوية" تتطلب ذلك. ولا يمكن لأحد أن يبادر إلى العصيان وإلاّ حلت عليه لعنات نتائج البكالوريا.

ما الذي أوصل تدريس الفلسفة إلى هذه الدركات؟ من المسؤول عن الأزمة التي تعانيها هذه المادة ودارسوها؟ كيف يمكن تفسير نتائجها المأسوية في اختبارات البكالوريا؟ كيف نبرّر عزوف الطلبة ونفورهم الشديد منها؟

هذه الأسئلة وغيرها لم تُطرح بشكل رسمي وجديّ، ولا ندري ما السبب على الرغم من خطورة المشكلة. وكأستاذ ممارس لهذه المادة لم توجّه لنا أيّ دعوة رسمية للخوض في هذه المسألة من خلال تقرير نعدّه يتناول أسباب وعوامل هذه الظاهرة. لكنّ غياب الاهتمام الرسمي لا يعني أنّنا نهمل هذه القضية أو أنّنا غير مكتوين بنتائجها الكارثية. في هذا الإطار تندرج هذه المحاولة والتي تحاول الإجابة عن السؤال التالي: ما هي العوائق الموضوعية والدّاتية التي تجعل مادة الفلسفة عديمة الجدوى في المدرسة الجزائرية؟

1. العوائق الموضوعية

1.1. على مستوى المنظومة التربوية

الحديث عن المنظومة التربوية وآفاق تجديدها اختزل على مستوى النقاش الإعلامي والسياسي إلى صراع وتبادل للاتهامات بين فريقين: المعريين والمفرنسين. هذا اللّغظ والصّخب المقصودين أريدَ منهما التّعمية على مجموعة من الحقائق منها:

- أ. غياب حصيلة جدية نقدية توضح طبيعة المخططات التربوية التي انتُهجت ونتائجها العملية، والمطّبات التي وقعت فيها بكلّ نزاهة وشفافية. والأخطر في رأيي: تحديد المسؤوليات بدقة ووضوح ومعرفة الأطراف الفعلية التي تقف وراء نكبة المنظومة التربوية.
- ب. بعيداً عن الشّعارات الجوفاء والقوالب الجاهزة لم تقدّم الأطراف المتصارعة مشروعاً جدياً يمكنه أن يشكّل أرضية متينة وواسعة لنقاش علمي ومسؤول، يُفضي في النهاية إلى نوع من الإجماع على مبادئ وقواعد صالحة للتطبيق من طرف الجميع ودون استثناء.

ج. أوضحت العديد من الأحداث أنّ ملف المنظومة التربوية لا يخضع بكلّيته إلى الإشراف الفعلي لرجال التربية، وإنّما هو أداة ضمن أدوات الحراك السياسي الذي تضجّ به الساحة السياسية وأتّه—وهذا ليس جديداً— يتجاوز من ناحية الاستقطاب الإيديولوجي الحدود الوطنية إلى الفضاء الدولي.

د. منذ سنوات أصبح شعار "ديمقراطية التعليم" كغيره من شعارات العهد الاشتراكي لا ينتظر إلاّ التهاوي بفعل الضربات القوية والحادة التي وُجّهت إليه. فقد توقّفت الحكومات المتعاقبة عن صرف أيّ ميزانيات مناسبة لوزارة التربية رغم ازدياد أعداد المتدربين وحاجاتهم الملحة إلى الهياكل المادية والتأطير التربوي الكافي. من نتائج هذا التّصلّب: تسرب مدرسي رهيب، الاكتظاظ الفاحش في الأقسام، نقص الهياكل، الأوضاع المزرية لرجل التربية المهنية والاجتماعية ممّا أثر سلبياً على أدائه التربوي.

لقد تحوّلت المسألة التربوية في الجزائر إلى عبء يثقل كاهل الدولة مادياً ومعنوياً ممّا جعل عملية الحسم فيها مؤجلة التّنفيد إلى حين استقرار الأوضاع. وإلى ذلك الحين على المنظومة أن تسير على طريقة "مئّي حالك"، مع ما يستتبع ذلك من مزلق وكوارث على البرامج والنتائج.

2.1. على مستوى الفضاء الثقافي للمجتمع

إذا اعتبرنا الفلسفة إحدى أدوات الفضاء الثقافي للمجتمع تتبادل معه التأثير والتأثر، تصبح معرفة خصوصية هذا الفضاء ضرورية لبيان ملامح تداعياته على جملة مكوّناته ومنها الفلسفة.

مع الانفتاح السياسي والإعلامي الذي شرع فيه بداية من أواخر سنة 1988، والانفتاح الاقتصادي بعد الاتفاقيات مع صندوق النقد الدولي اجتاحت المجتمع—والذي كان مجتمعاً مغلقاً ومحافظاً بفعل السياسة الاشتراكية— سيلٌ جارف من البضائع والقنوات التلفزيونية والقيم الاستهلاكية. هذا الغزو الكاسح وغير المفاجئ صادف واقعاً تسوده قيم ثقافة شفهيّة، بدائيّة وساذجة، لم يطرّو وبرزّ بعد تقاليد ثقافة تعتمد الكتابة وتجعل من الكتاب والقراءة جزءاً لا يتجزأ من حياة الفرد. هذا الانتقال القسري والعنيف ثبت القيم السابقة بشكل أكثر حدة وعمقا وبؤسا، ويمكن بسط مظاهرها كالآتي:

- سلبية الفرد وجعله في موقع المتلقّي الخامل لا المشارك الفاعل؛
 - ما يقدّم عبر هذه الثقافة لا يمكن من تشكيل رؤية أو تصوّر واضح متكامل لأيّ موضوع أو مسألة لأنّ ذلك لا يتمّ إلاّ عبر الكتاب والمعاناة الفكرية؛
 - تعتمد هذه الثقافة الجديدة—ولأغراض تجارية بحتة— على عوامل الإثارة والتّنويع والسّعة، وبالتالي تغدو عمليات التّفكير، والنّقد، والتّأمّل، والإبداع معاني لا مبرّر لها في مواجهة الجاهز والسّريع والمثير.
- الخصوصيات السابقة لفضائنا الثقافي وإن اختلفت مضامينها إلاّ أنّها تصبّ في هدف واحد وهو القضاء على ذاتية الفرد واستقلاليتها واختزالها إلى مجرد وظيفة استهلاكية.

3.1. على مستوى القطيعة المفروضة بين المربين والمنظومة التربوية

من القضايا اللافتة للنظر للمسألة التربوية في الجزائر التّغيب المتعمّد لجموع المربين من الإسهام في تجديد البرامج أو إعادة وضعها. المشرفون على هذه العملية يصرون بطريقة أو بأخرى على عدم فتح باب النقاش أو إبداء الرأي حول المشكلات أو العوائق التي تصادف المربين أثناء تطبيق البرامج. وهذا ما يتنافى مع أبسط قواعد العملية التربوية التي تشجّع الحوار الفكري والنقاش الهادف البناء.

2. العوائق الذاتية (الطالب)

1.2. هشاشة التكوين الثقافي للطلبة

يُضاف إلى مجموع العوامل السابقة الإرث التاريخي للتخلف والانحطاط، ما جعل الطالب ينتقل ضمن دوائر اجتماعية مختلفة (البيت، المدرسة، إلخ)، دون أن تُثبت لديه تقاليد القراءة والكتابة والتعامل مع الكتاب كأداة ضرورية من ضمن الأدوات الضرورية الأخرى التي يحتاجها في حياته اليومية كالألبسة والألعاب. يمكنك زيارة البيوت وتفحص مقتنياتها فتجد أغلبها لا يخلو من أدوات الترفيه وغيرها، أما أن تجد فيها رفوفا ولو بسيطة عليها كتب أو مكتبا ولو متواضعا يلجأ إليه الطالب لتدوين دروسه أو يجلس عليه للقراءة، فلا سبيل إلى ذلك. أما إذا سألت الطلبة عن الحجم الساعي الذي يخصصونه شهريا للمطالعة أو كم كتابا يطالعون في السنة، فلن تقابلك إلا الضحكات أو الابتسامات وكأنك تتحدث عن أشياء تحدث في كوكب آخر غير الأرض وعند كائنات أخرى لسنا بالضرورة منهم.

2.2. غياب ثقافة التدوين

مظهر من مظاهر سيادة الثقافة الشفهية، حيث يغيب التدوين كإحدى فعاليات الإنسان العارف والتي مكنته من تسجيل خبراته وتجاربه عبر أحقاب زمنية متتالية وكانت عاملا أساسيا في تقدمه وتطوره الحضاري. لا توجد ضمن مكونات المنظومة التربوية الجزائرية برامج أو خطط تشجع الطلبة على الكتابة. فخارج الإطار الرسمي الذي تمثله الواجبات المنزلية -والتي يُقبل عليها الطلبة بفتور وبلا رغبة في الإبداع تُذكر- لا توجد نواد أو مجلات تنمي هذه القدرة أو تهتم بها، وتوضح تقنياتها المنهجية كالضبط والدقة، ومتطلباتها النفسية كالبهوء والصبر والمعاناة. وبحكم أن الكتابة تستدعي القراءة، وحظ هذه الأخيرة لا يُغبط عليه، فمن نافلة القول اعتبار التدوين جهدا عبثيا لا يطيقه إلا من أوتي قدرا كبيرا من الغفلة.

مسألة أخرى لافتة للنظر تعيننا على فهم ما تقدم. في الدول الغربية عموما تأخذ كتابة المذكرات عند الناس طابعا عاما، وهناك اهتمام واسع جدا بهذه الظاهرة، وهي في رأيي تعكس ملامح بنية نفسية تشكلت ضمن سياق التقدم التاريخي لتلك الحضارة وعلى أسس ثلاث: قداسة الفرد مقابل الجماعة؛ قداسة الحق الإنساني في مقابل أي سلطة؛ التعالي الذاتي. هذه الأسس تجعل للفرد أهمية مركزية داخل أي تجمع مهما كان لونه، وتحفظ له استقلاليته حتى لا يذوب داخله. هذا الوعي الذاتي المتضخم هو الذي يدفع الفرد إلى الكتابة، وخاصة المذكرات. لأنه يشعر بأهمية ونجاعة ما سيكتبه المنبني على شعوره بأهميته وسط الجماعة التي يحيا ضمنها.

بالنسبة لمجتمعاتنا، يقوم البناء النفسي لدى الفرد على مكونات ثلاث: العزل؛ التهميش؛ التحقير. وتتخالف قوى النظام الاجتماعي والسياسي الرسمية والتقليدية على جعل الفرد كمّا مهما، لا يرى ذاته إلا من خلال الجماعة ولا يتمكن من إثباتها خارج معاييرها وأطرها، فينشأ فرد خامل، كسول، متقوقع قد فوّض الكثير من حقوقه الذاتية إلى هذه الجماعة. وبالتالي لن يستشعر الرغبة في أن يفكر أو يقترح أو ينقد أو يبدع لأنه ليس مطالبا بذلك، ببساطة هو غير مطالب بأن يكتب لأن الكتابة تمرّد وعصيان.

3.2. النزوع النفعي نحو المعرفة

مما لا يخفى أن إقبال الطلبة على المعارف أثناء مراحل تدمرسهم لا يحكمها إلا عامل واحد وهو تحقيق علامات أكبر للنجاح، والتوجه نحو اختصاصات يُثبت الواقع الاجتماعي والاقتصادي أهمية مردودها المادي. هذا التوجه وإن كان يمكن تبريره جزئيا لأنه من غير الممكن إلغاء جانب المنفعة من أي نشاط إنساني مهما كان سموه وقديسيته، لكن لا يجب أن يتحوّل هذا الهدف إلى مبتغى واحد ووحيد يجعل تلقّي المعرفة عملية تجارية بحثة لا يراعي فيها الطالب أو يحاول تفهم أو تمثّل ما يقدم له لتطوير وتنمية ذاتيته وترقية إنسانيته.

هذا النزوع التّفعي المبتذل يجعل من مادة الفلسفة الغربية الأطوار والغامضة المضامين وائلّي لا تنشأ إلاّ ضمن إطار حضاري تجاوز مرحلة إشباع المطالب البيولوجيّة. عبئا ثقيلًا حيث تطالب دارسها من الطلبة السعي إلى بناء إنسانيتهم كذوات عاقلة مفكّرة، ناقدة ومبدعة ... وهو حلم عزيز المنال وسط محيط أنهكه التّوحش والعنف والقهر وأقعه الفقر والجهل والتّخلف.

3. العوائق الدّاتية (الأستاذ)

1.3. هوّة الدّراسة الأكاديميّة للفلسفة وتدريسها

يفاجأ الأساتذة المتخرّجون من معاهد الفلسفة لدى مباشرتهم لتدريسها بالتّعليم الثّانوي بحجم الهوّة بين ما تعلّموه في الجامعة وما سيقومون بتعليمه. برنامج الفلسفة في المدرسة الجزائريّة لا علاقة له كليًا بتكوين الطّالب الجامعي، وبالتالي على هذا الأخير أن يجتهد. وفي غياب مقرر فعليّ ورفيع المستوى، يصبح الاجتهاد التقاطا لمعلومات متناثرة ليست بالضرّورة كلّها صحيحة. ومع الانتشار السّريع والتّجاري الخسيس لظاهرة طبع الدّروس الخاصّة، وما تتميّز به في الأغلب من أخطاء فادحة وخروج عن البرنامج الرّسمي وبعد كبير عن روح الكتابة الفلسفيّة، يتحوّل الاجتهاد في وضع الدّروس إلى نوع من التّكديس اللامتجانس للمعارف، يرهق الطّالب أوّلا، ثمّ يتركه في حيرة ثانيا عندما يحاول مقارنة ما لديه بما عند زميله الّذي يدرس عند أستاذ آخر.

2.3. غياب روح البحث والمتابعة

يتطلّب تدريس الفلسفة في التّعليم الثّانوي كمّا هائلا من المعلومات، وشبكة واسعة من المعارف نظرا لتوزّع موضوعاتها على فروع علميّة متعدّدة إنسانيّة وتجربيّة. تشترط سعة الاطّلاع والتّحلّي بانضباط منهجيّ كبير وقدرة فائقة على البحث وتجديدا دوريّا للمعلومات. الفضائل السّابقة يفتقدها الأستاذ الجامعي في يومنا هذا على الرّغم من أنّها جزء من عمله، وبالتالي فمن التّفوّل الحديث عن ضرورتها بالنّسبة لأستاذ التّعليم الثّانوي.

3.3. خرافة النّدوات التّكوينيّة

يخضع الأستاذ أثناء ممارسته لمهمّة التّدريس إلى برنامج تكويني ميداني تحت إشراف مفتّش المادة يأخذ شعار النّدوات التّربويّة، ويلزم بحضورها تحت طائلة العقوبات الإداريّة. هذه النّدوات، نظريّا، وظيفتها الأساسيّة هي متابعة انشغالات الأساتذة وتذليل العقبات الّتي تعترضهم أثناء تأديتهم لمهامهم. أمّا واقعيّا، وهذا ليس سرّا يذاع، فقد تحوّلت إلى مجالس "للإمتاع والمؤانسة" يقع الخوض أثناءها في كلّ شيء إلاّ المشكلات التّربويّة الحقيقيّة للمهنة، فالجميع يدرك أن لا فائدة من إضاعة الوقت في أمثال هذه المهاترات، لأنّهم وببساطة ليست لديهم مفاتيح حلّ هذه المشكلات.

الخلاصة

هذه في رأيي مجمل العوائق الموضوعيّة والدّاتيّة الّتي تقف أمام تحويل مادة الفلسفة إلى أداة فعّالة لبناء شخصيّة قويّة، واعية وإيجابيّة. قد ينتهي القارئ عند إتمامه لهذه المحاولة بأنّ ما طرحته سابقا يفضي إلى نتيجة واحدة: في ظلّ الطّروف والملايسات الحاليّة يُعدّ تدريس الفلسفة عبئا لا طائل من ورائه سوى الإرهاق الدّهني للطلّبة وتمييع المادة. وقد يختلف البعض معي حول مدى مصداقيّة هذا الاستنتاج، ولكنّي، وهذا ما قد يثير الاستغراب، لا أتبنّى هذه النتيجة ولا أدافع عنها، ولكنّها حقيقة يجب أخذها بعين الاعتبار عند كلّ محاولة تتناول إصلاح واقع تدريس مادة الفلسفة في المدرسة الجزائريّة. فالمطلوب التحلي بقدر هائل من الصّراحة الفكرية وقيم النقد الذاتي للإجابة عن السؤال التالي: هل نحتاج حقا الفلسفة؟

صعوبات تعلم الرياضيات في مرحلة التعليم المتوسط (دراسة ميدانية)

عبد الرحمن بن بريكة

أستاذ بقسم علوم التربية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

Benbrika01@yahoo.fr

مقدمة

تعدّ الرياضيات لغة رمزية مشتركة بين كل الثقافات والحضارات على اختلاف تنوعها وتباين مستوياتها. كما أنها الأساس لكثير من أنماط التواصل والتعايش بين الناس، وذلك من خلال التفكير والاستدلال الحسابي وإدراك العلاقات الكمية والمنطقية والهندسية، حيث نجد الأنشطة والعمليات العقلية المعرفية المستخدمة فيها خلف العديد من الأنشطة الأكاديمية الأخرى. كما أنّ الرياضيات تُمكن المتعلّمين من حل المشكلات مستخدمين في ذلك المعرفة والحقائق والقواعد والقوانين الرياضية في تعميم هذه المعرفة على مختلف النشاطات اليومية التي يتعرضون لها. يجد العديد من التلاميذ صعوبات كثيرة في مجال الرياضيات إلى حدّ أنها تُمثّل أكثر صعوبات التعلّم شيوعاً بين التلاميذ على اختلاف مستوياتهم ومراحلهم الدراسية. ويُعدّ انخفاض التحصيل الدراسي في مادة الرياضيات مشكلة كبيرة في حياة التلاميذ لما يسبّبه لهم من توتر وقلق. وقد ينتج عن ذلك نقص في دافعية التعلّم، وعدم مساهمة زملائهم سواء على المستوى الدراسي، أو المستوى النفسي والاجتماعي. ويزداد الأمر خطورة عندما نجد أنّ من بين هؤلاء الذين ينخفض تحصيلهم في الرياضيات تلاميذ موهوبين أو متفوقين. يُرجع البعض صعوبة الرياضيات إلى كونها أكثر المواد تجريداً وتتطلّب معالجات عقلية لا يوظّفها التلاميذ في معالجة مهام ومواد دراسية أخرى.

1. أهم صعوبات تعلم الرياضيات

- أ. **صعوبات راجعة للغة الرياضيات:** تستخدم الرياضيات رموزاً ومصطلحات خاصة بها، فإذا لم يتحكّم التلميذ فيها قراءة واستعمالاً فإنه يجد صعوبة في فهم المواضيع الرياضية. فقد يجد صعوبة في التعبير لفظياً أو كتابياً عن خطوات الحل وبرهنة بعض القضايا. [5]
- ب. **صعوبات الاستدلال المجرد:** قد يجد التلميذ صعوبة في عقد مقارنات من حيث الحجم والكمية والمسافة، كما يجد صعوبة في فهم بعض المفاهيم والقوانين والعلاقات المجردة في مادة الرياضيات.
- ج. **صعوبات افتقار الطالب لمهارات ما وراء المعرفة (الوعي بالعمليات المعرفية):** يجد التلميذ صعوبة في تحديد الاستراتيجيات الملائمة لحل مسألة ما، ويعجز عن توظيف المفاهيم والمهارات والتعميمات في حل المسائل الرياضية. [6]
- د. **صعوبات إدراكية مكانية:** يجد التلميذ صعوبة في التعامل مع الأعداد الموجبة والسالبة، فلا يعرف وضع هذه الإشارات في مكانها المناسب. كما يجد صعوبة في وضع بعض الإشارات (>)، (<) بطريقة مناسبة، أو يضع الكسور والأرقام العشرية أو الفاصلة في غير موضعها. [3]
- هـ. **صعوبات متعلقة بالذاكرة قصيرة المدى:** يجد التلميذ صعوبة في الاحتفاظ بالمواضيع والحقائق والمفاهيم الرياضية الجديدة عليه. وقد يجد صعوبة في استرجاع خطوات الحل أو النتائج العددية أو القوانين المستعملة في حل مسألة ما.

و. **صعوبة التمييز البصري بين الرموز والأعداد:** يجد التلميذ صعوبة في التمييز بين بعض الأعداد والرموز أو الحروف المستعملة، إلخ.

2. أسباب صعوبات تعلم الرياضيات

ترجع صعوبة تعلم الرياضيات إلى عدة عوامل متداخلة:

1.2 العوامل المتعلقة بالأستاذ

لكي يقدم أستاذ الرياضيات دروسه على أحسن وجه ينبغي أن يكون متمكناً من مادة تخصصه، وذا ثقافة واسعة حول تطور الرياضيات وتاريخها ودورها في تطور مختلف العلوم وفي الحياة بصورة عامة. وقد يكون الأستاذ سبباً في صعوبة الرياضيات إذا كان:

- يعتمد على الطريقة التقليدية، فيعرض درسه دون فتح المجال لمشاركة التلاميذ أو الرد عن تساؤلاتهم؛
- لا يعزّز عمل تلاميذه ولا يشجّعهم على ما يبذلونه من جهد في فهم المواضيع الرياضية، فيقتل لديهم الرغبة في زيادة الاندماج في هذه المادة؛
- يعتمد خشونة الطبع والألفاظ بهدف جعل التلاميذ يخافونه ويحترمونه، لكنها في الواقع تزيد من نفور التلاميذ منه، وقد تصل إلى حد كراهيته وبالتالي كراهية مادة الرياضيات. [8]

2.2 العوامل المتعلقة بالمنهاج

- **خصائص مادة الرياضيات:** تمتاز الرياضيات بأنها مادة مجردة تُغنى الأرقام والرموز، قوانينها متعددة وكثيرة. لذا على واضع المنهاج أن يفكر في إدراج أمثلة من الواقع والحياة اليومية، تجعل المتعلم يستوعب بشكل أسهل مستوى التجريد العالي لمادة الرياضيات.
- **ازدحام المنهاج (كثافة البرنامج):** تسبب كثافة البرنامج للتلاميذ ضغطاً نفسياً وتُرهق أساتذتهم، كما نجد البرنامج في كثير من الحالات لا يتماشى مع قدرات التلاميذ العقلية. [4]
- **الكتاب المدرسي للرياضيات:** إذا لم يتم وضعه على أسس علمية وتربوية سليمة يكون سبباً في صعوبة فهم التلاميذ لمحتواه، وبالتالي قد يؤدي إلى كرههم لمادة الرياضيات والنفور منها.
- **أساليب التقويم:** تركز أسئلة الامتحانات المدرسية أو الرسمية على النتيجة وليس على منهجية التلميذ أو طريقته في الإجابة. فإذا كانت لديه منهجية سليمة وارتكب خطأ في عملية حسابية ما وكانت النتيجة النهائية خطأ، فإنه يحصل على صفر. في حين إذا كتب تلميذ آخر النتيجة صحيحة (حصل عليها بطريقة أو بأخرى) لكنه كتب أي شيء في البرهان فإنه يحصل على العلامة كاملة؛ أي أن تقويم عمل التلميذ ينصبّ على النتيجة النهائية وليس على منهجيته في الإجابة، وهذا ما يشجّع التلاميذ على الغش.

3.2 العوامل المتعلقة بالتلميذ

- **العدوى الاجتماعية بين التلاميذ:** إذا وجد بعض التلاميذ صعوبة في الرياضيات فإنهم يشيرون ذلك بين زملائهم، مما يُكوّن لديهم أفكاراً سلبية مسبقة عن الرياضيات وصعوبتها. [2]
- **الطريقة الخاطئة في استذكار مادة الرياضيات:** يعتقد بعض التلاميذ أن مذاكرة الرياضيات تتمثل فقط في حل التمارين، فإذا انطلق في حل هذه التمارين دون فهم الدرس واستيعاب مفاهيمه ومراجعة الأمثلة التي أعطاهها الأستاذ، أو لم يتدرّج في حل التطبيقات من السهل إلى الصعب، فإنه سيصاب بالإحباط. وإذا تكرر ذلك في عدة دروس يشعر بالنقص، وبالتالي يتهرب من دراسة الرياضيات.

- **غياب التلميذ عن بعض الدروس:** إن تركيب الرياضيات يشبه بناء هرميا، كل خطوة فيه تعتمد على السابقة اعتمادا مباشرا. لذا فإن غياب التلميذ عن المدرسة، أو غيابه أثناء الدرس من خلال شروده الذهني أثناء شرح الأستاذ، يسبب له فجوات أو ضعفا في فهم بعض المواضيع التي تركز أساسا على مواضيع سابقة.
- **وجود مشكلات نفسية اجتماعية أسرية اقتصادية:** قد تسبب له هذه المشكلات شرود ذهن وضعف التركيز أثناء شرح الأستاذ أو أثناء مذاكرة دروس الرياضيات.

4.2. العوامل المتعلقة بالإدارة المدرسية والنظام الداخلي

قد تكون الإدارة المدرسية سببا في كره التلاميذ للرياضيات إن أهملت أمورا مثل: برمجة حصص الرياضيات في الساعات المناسبة من اليوم الدراسي؛ إتاحة الفرصة للتلاميذ لممارسة الأنشطة التعليمية من خلال توفير الوسائل والمختبرات والقاعات المخصصة للمذاكرة؛ تنظيم الأفواج والمجموعات بطريقة متناسقة؛ ربط العلاقات بين المدرسة وأولياء التلاميذ؛ توفير مرشد نفسي تربوي لمساعدة التلاميذ الذين يعانون من صعوبات التعلم عامة والرياضيات خاصة.

3. مشكلة البحث

أكدت العديد من الدراسات على أن مشكل صعوبة تعلم الرياضيات منتشر بشكل واسع. [9] وقد أشارت هذه الدراسات إلى أن صعوبة فهم الرياضيات تجعل التلميذ يكون نحوها اتجاهات سلبية وينفر من دراستها. إن مشكلة صعوبة فهم واستيعاب مادة الرياضيات في مرحلة التعليم المتوسط من أخطر المشاكل التي تواجه تلاميذ هذه المرحلة، باعتبار أن التأخر في الرياضيات لا يؤثر على تحصيل التلميذ في هذه المادة فقط، بل ينعكس سلبا على التحصيل الدراسي بصورة عامة. والذي لفت انتباه الباحثين هو أن صعوبة تعلم الرياضيات لا تقتصر على التلاميذ الأقل ذكاء، بل تشمل حتى التلاميذ الذين لهم قدرات عقلية عالية تسمح لهم بالتغلب على هذه الصعوبات. مما سبق يمكننا تحديد مشكلة البحث في التساؤلات التالية:

- ما هي أهم الصعوبات التي يواجهها تلاميذ المتوسط في تعلم الرياضيات؟
- ما هي أهم أسباب هذه الصعوبات؟
- ما هي أهم الحلول والاقتراحات لعلاج هذه المشكلة؟

4. الفرضيات

- أ. إن معظم أفراد العينة يعتبرون مادة الرياضيات صعبة.
- ب. إن أغلب أفراد العينة يرون أن الرياضيات تفيدهم في دراسة المواد التعليمية الأخرى.
- ج. إن معظم أفراد العينة يجدون صعوبة في دراسة مواضيع الهندسية وحل تمارينها.
- د. إن معظم أفراد العينة يجدون صعوبة في استخراج المطلوب عند حل المسائل الرياضية.
- هـ. إن معظم أفراد العينة يرجعون صعوبة الرياضيات إلى طريقة التدريس غير المناسبة.

5. أهمية البحث وأهدافه

إن تشخيص صعوبات تعلم الرياضيات لدى تلاميذ مرحلة المتوسط، والبحث عن أسبابها، وأساليب علاجها والوقاية منها يساهم في ترقية تعلم وتعليم الرياضيات وينعكس إيجاباً على دراسة بقية المواد. أما أهداف البحث فهي:

- (1) تحديد مواطن ضعف التلاميذ في الرياضيات،

- (2) تحديد أهم أسباب هذه صعوبات،
(3) تقديم اقتراحات وحلول لعلاج صعوبات تعلم الرياضيات.

6. أداة البحث والعينة

استعملنا في هذا البحث استبياناً يتكون من 12 سؤالاً (11 سؤالاً مغلقاً وسؤالاً واحداً مفتوحاً)، حاولنا من خلالها دراسة الجوانب التالية:

- موقف التلميذ من مادة الرياضيات،
 - مدى رغبة التلميذ في دراسة الرياضيات،
 - أهمية الرياضيات في نظر التلميذ،
 - أهم الصعوبات التي يجدها التلميذ عند تعلّم الرياضيات،
 - الصعوبات التي يجدها التلميذ عند حل المسائل والتمارين،
 - أسباب صعوبات تعلّم الرياضيات من وجهة نظر التلميذ،
 - المسائل التي يجد التلميذ صعوبة في حلها،
 - العوامل والظروف التي تعيق فهم التلميذ الرياضيات،
 - الطريقة التي تساعد التلميذ على فهم دروس الرياضيات،
 - الأساليب التي استخدمها التلميذ للتغلب على الصعوبات التي واجهته عند دراسة الرياضيات.
- شملت العينة 150 تلميذاً (69 ذكورا و81 أنثى) موزعين على مرحلة التعليم المتوسط (40 سنة أولى، 54 سنة ثانية، 56 سنة ثالثة). وتُعدّ هذه العينة من نوع العينة القصدية حيث تم توزيع 180 استبياناً استرجع منها 158، وتم حذف 8 استبيانات لعدم إجابة أصحابها عن بعض الأسئلة. وقد توزعت العينة على ثلاث متوسطات بحسين داي والقبّة بمدينة الجزائر.

7. النتائج

بعد تفريغ النتائج تمّ تلخيصها بطريقة يسهل الاستفادة منها:

1.7. موقف التلاميذ من مادة الرياضيات

- 54,00% يعتبرون مادة الرياضيات صعبة جداً.
 - 23,33% يعتبرونها عادية.
 - 14,66% يعتبرونها سهلة.
 - 06,00% يعتبرونها سهلة جداً.
- ونُرجع هذه النتائج إلى طبيعة مادة الرياضيات المجردة ودروسها النظرية، والطريقة المملة في تقديمها من قبل بعض الأساتذة.

2.7. مدى رغبة التلاميذ في دراسة الرياضيات

- 60,00% ليس لديهم رغبة في دراسة الرياضيات.
 - 40,00% لديهم رغبة في دراستها.
- ونفسر هذا بنقص الأساليب التحفيزية والمشوقة لدراسة هذه المادة، كما أن العديد من أساتذة الرياضيات يركّزون على منطق المادة الدراسية ويهملون تنمية الاتجاهات الإيجابية نحوها.

3.7. وعي التلاميذ بأهمية وفائدة الرياضيات

- 94,00% يرون أن دراسة الرياضيات تقتصر على حل المسائل الرياضية.
 - 84,00% يرون أن الرياضيات ليس لها دور في حل بعض مشكلات الحياة اليومية.
 - 83,33% يرون أن الرياضيات تساعد في دراسة بعض المواد الدراسية.
 - 78,66% يرون أن الرياضيات ليس لها دور في المساعدة على فهم الواقع المعيش.
- نشير إلى أن مجموع النسب عن إجابات بعض الأسئلة يفوق 100% وذلك لأن هناك من اختار أكثر من إجابة من بين الإجابات المقترحة لكل سؤال.

تدلّ هذه النتائج على أن التلاميذ يعتبرون مادة الرياضيات تفيدهم فقط في حل المسائل والتمارين من أجل تحضير الامتحان، كم أنها تساعدهم في دراسة بعض المواد الأخرى، إلا أن أغلبهم لا يرون علاقتها بالحياة اليومية، ولا يعتقدون أنها تساعدهم في حل ما يواجههم من مشاكل عامة. ونرجع هذا إلى ضعف تركيز منهاج الرياضيات على الجانب التطبيقي وعدم ربطه بمشاكل التلميذ الحياتية.

4.7. أهم الصعوبات التي تواجه التلميذ عند دراسة الرياضيات

- 70,66% يجدون صعوبة في التركيز أثناء حصة الرياضيات ويشعرون بطول حصتها.
 - 66,66% يجدون صعوبة في دراسة الهندسة، في حين 33,33% فقط يجدون صعوبة في مواضيع الجبر والحساب.
 - 50,00% يجدون صعوبة في حل المسائل الرياضية.
- من هذه النتائج نلاحظ أن التلاميذ يجدون صعوبة أكثر في مواضيع الهندسة، مقارنة بمواضيع الجبر والحساب. كما أنهم يعانون من صعوبة التركيز خلال درس الرياضيات مما يجعلهم يشعرون بالملل وثقل مرور وقت حصتها، وهذا ما يستدعي إعادة النظر في طريقة تدريس الرياضيات.

5.7. أهم الصعوبات التي تواجه التلميذ عند حل المسائل الرياضية

- 92,00% يجدون صعوبة في رسم الأشكال الهندسية.
 - 80,66% يجدون صعوبة في استغلال معطيات المسألة الرياضية.
 - 70,00% يجدون صعوبة في استخراج ما هو مطلوب لحل المسألة.
 - 53,33% يجدون صعوبة في تدكّر القوانين المناسبة للحل.
 - 51,33% يجدون صعوبة في تحويل نص المسألة إلى رموز رياضية.
- وتدلّ هذه النتائج على أنّ معظم التلاميذ لم يتم تدريسهم على اختيار الأسلوب المناسب للحل، ولم يتم مساعدتهم بالشكل الكافي على التفكير الاستدلالي، إضافة إلى نقص التدريب على التعبير الرياضي بمختلف أشكاله، ونقص في منهجية الحل واستخدام الوسائل.

6.7. أسباب صعوبات حل المسائل الرياضية من وجهة نظر التلاميذ

- 75,33% يرجعون صعوبة حل المسائل إلى العمل الفردي ونقص العمل الجماعي أثناء الحصة.
 - 60,00% يرجعون صعوبة حل المسائل لعدم فهمهم للدرس.
 - 60,00% يرجعون صعوبة حل المسائل لعدم تدربهم على طريقة الحل.
 - 45,33% يرجعون صعوبة حل المسائل لعدم ثقتهم فيما لديهم من معلومات، إذ يعدونها سطحية.
- من هذه النتائج نرجع الصعوبة التي يواجهها التلميذ أثناء حل المسائل الرياضية إلى خلل في طرائق تدريس هذه المادة، ونقص في تبسيط المفاهيم الخاصة بها، كما أنّ العمل الفردي يحرم التلميذ من اكتشاف أخطائه

وتصحيحها، إضافة إلى أن نقص العمل الجماعي أثناء حصص الرياضيات يُضعف روح التعاون والمنافسة الإيجابية، وبالتالي يُضعف الاهتمام بالرياضيات.

7.7. أنواع المسائل التي يجد فيها التلميذ صعوبة

- 90,00% يجدون صعوبة في حل المسائل التي تعتمد على الأشكال الهندسية.
- 89,33% يجدون صعوبة في حل المسائل ذات النص القصير.
- 77,33% يجدون صعوبة في حل المسائل التي تعتمد على البرهان.
- 54,00% يجدون صعوبة في حل المسائل ذات الحسابات الكثيرة.

ونُرجع هذه النتائج إلى كون البرهان الرياضي يتطلب مستوى عالٍ من التفكير، بالإضافة إلى نقص تدريب التلاميذ على حل المسائل الهندسية بشكل خاص، ونقص تدريبهم على لغة الرياضيات والمنطق الخاص بها.

8.7. العوامل التي تعيق التلميذ في تعلم الرياضيات

- 69,33% يرجعون السبب إلى نقص في طريقة الأستاذ عند تقديم الدرس.
 - 59,33% يرون أن العمل الفردي عند المذاكرة يؤثر على فهم المادة.
 - 52,66% يرجعون صعوبة فهم الرياضيات إلى اكتظاظ الأقسام مما يعيق عملية الانتباه والتركيز.
- ونرجع هذه النتيجة إلى طبيعة مادة الرياضيات التي تحتاج إلى تفكير عميق وتركيز يتطلّب أجواء هادئة ومريحة، فدرس هذه المادة يحتاج إلى قدر عالٍ من التركيز. كما يُعدّ العمل الجماعي المنظم أحد العوامل التي تساعد على الحكم على مدى صحة الحلول التي يتوصل إليها التلميذ.

9.7. الطريقة التي تساعد على فهم دروس الرياضيات من وجهة نظر التلاميذ

- 86,66% يرون أن حل التمارين وتصحيحها جماعيا يساعد كثيرا على تجاوز صعوبة الرياضيات.
 - 83,33% يرون أن أفضل طريقة لفهم درس الرياضيات هي التي تعتمد على إشراك المتعلم.
- إن إشراك التلميذ في العملية التعليمية يزيد من ثقته في نفسه ويصقل قدراته الفكرية؛ فمادة الرياضيات يطغى عليها التجريد، وبدون إشراك التلميذ في الدرس فإنه يكون عرضة لتشتت الانتباه، وبالتالي نقص أو ضعف في الفهم، وبتكرار ذلك سيكره هذه المادة وينفر من حصتها.

8. مناقشة النتائج وتفسيرها

إن طبيعة مادة الرياضيات المجردة، واعتمادها على الرموز والإشارات، والكسور، والأعداد العشرية، إلخ، يجعل منها لغة تتطلّب الدقة في كتابتها وقراءتها، وهذا يستدعي درجة عالية من الانتباه والتركيز والإدراك. كما أن البرهان على المسائل الهندسية يتطلّب خيالا واسعا وجهدا فكريا كبيرا. من جهة أخرى، فإن كثافة وزدحام برنامج مادة الرياضيات يجعل الأساتذة يُسرِعون عند تقديم الدرس من أجل إتمام البرنامج. ورغم أن مادة الرياضيات تتطلّب الانتباه والتركيز فإننا نجد أنها في كثير من الحالات تُبرمج في الحصص المسائية حيث يكون معظم التلاميذ في حالة خمول أو تعب!

- الفرضية الأولى تنصّ على أن معظم أفراد العينة يعتبرون مادة الرياضيات صعبة.
- من خلال النتائج التي تبين موقف التلميذ من مادة الرياضيات، يمكن الحكم على أن هذه الفرضية قد تحققت بنسبة عالية. وباعتبار أن التفوق في هذه المادة مفتاحٌ للتفوق في بقية المواد من جهة، ورافد قوي من روافد التفوق العلمي بصورة عامة، فإن الاهتمام بالرياضيات وترقية طريقة تدريسها يُعدّ من أولويات إصلاح المنظومة التربوية.

- الفرضية الثانية تنصّ على أنّ أغلب أفراد العينة يرون أن الرياضيات تفيدهم في دراسة المواد التعليمية الأخرى.
- من خلال النتائج فإنّ هذه الفرضية تحقّقت بنسبة عالية، لكن رغم هذا فإن معظم أفراد العينة يرون أنّ الرياضيات تفيدهم في حل المسائل الرياضية التي تساعد على النجاح في الامتحانات، ولا يربطون الرياضيات بحل مشاكل الحياة اليومية أو فهم الواقع المعيش.
- الفرضية الثالثة تنصّ على أنّ معظم أفراد العينة يجدون صعوبة في دراسة المواضيع الهندسية.
- يمكننا الحكم على أنّ هذه الفرضية قد تحقّقت بنسبة عالية، حيث أنّ معظم التلاميذ يجدون صعوبة في الهندسة أكثر من المواضيع الرياضية الأخرى، وهذا لأن الهندسة تتطلب خيالا واسعا وإدراكا دقيقا للتفاصيل وقدرة عقلية على ربط المدركات بالقوانين والمبادئ المدروسة سابقا.
- الفرضية الرابعة تنصّ على أنّ معظم أفراد العينة يجدون صعوبة في استخراج المطلوب عند حل المسائل الرياضية.
- من خلال النتائج يتبيّن أنّ هذه الفرضية قد تحققت بنسبة عالية، وهذا إن دلّ على شيء فإنما يدلّ على أنّ التلميذ لم يُدرّب بالشكل الكافي على التفكير الرياضي، حيث نجد العديد من أساتذة هذه المادة يركّزون على الناحية الكمية في اكتساب المعلومات، فكريات الرياضيات مملوءة بالدروس والمعلومات، لكن هل كوّنا لدى التلميذ القدرة على التفكير الرياضي؟! [12]
- الفرضية الخامسة تنصّ على أنّ معظم أفراد العينة يرجعون صعوبة الرياضيات إلى الطريقة غير المناسبة.
- من خلال النتائج يمكن الحكم على أنّ الفرضية قد تحققت بنسبة عالية، حيث تُرجع نسبة عالية من المستجوبين الأسباب التي تعيق التلميذ في تعلّم الرياضيات إلى طريقة التدريس غير المناسبة، كما يرون أن غياب الحوار والعمل والمشاركة الجماعية من قبل التلاميذ في حل التمارين يؤثر سلبا على فهم الرياضيات.

9. حصيلّة نتائج البحث

- (1) يرى أغلب التلاميذ بأن مادة الرياضيات صعبة ومنهم من لا يرغب في تعلّمها، وهذا يعود إلى طبيعة المادة من جهة وتدرّسها بطريقة نظرية تسبّب الملل من جهة أخرى.
- (2) ضعف ونقص تدريب التلاميذ على طريقة التفكير الرياضي واعتمادهم على الحفظ الآلي يزيد من شعورهم بصعوبة تعلّم الرياضيات.
- (3) يجد معظم التلاميذ صعوبة في مواضيع الهندسة مقارنة بمواضيع الجبر باعتبار أنّ الهندسة تتطلب الخيال والإدراك والتأمل والمقارنة ودرجة عالية من التركيز.
- (4) نسجّل رغبة التلاميذ في دراسة مواضيع الرياضيات بطريقة المناقشة أو بطريقة التمارين وتصحيحها جماعيا، ورفضهم للطريقة التي تعتمد على الأستاذ فقط دون إشراك التلاميذ. [13]
- (5) نقص ربط دروس الرياضيات بالحياة اليومية وحل مشاكل من الواقع المعيش من خلال الأمثلة والتطبيقات العملية. [9]
- (6) يجد معظم الذين تمّ استجوابهم صعوبة في استخراج ما هو مطلوب للحل، لذا يجب تدريب التلميذ على منهجية حل المسائل الرياضية وتحديد ما هو مطلوب بالضبط واتباع الخطوات المناسبة.

10. اقتراحات وحلول

- أ. يجب على أستاذ الرياضيات التحكم في طرائق التدريس واستخدام الطرائق التي تسمح للتعلم بالمشاركة والتساؤل. [11]
- ب. ربط دروس الرياضيات ببعضها والانتقال التدريجي من المحسوس إلى المجرد ومن السهل إلى الصعب.
- ج. إكساب التلاميذ التفكير الرياضي والاستخدام المناسب للمفاهيم الرياضية.
- د. إن إكساب التلاميذ القوانين والآليات الحسابية بمعزل عن أساليب التفكير والبرهان الرياضي سيجعل التعلم مكتفياً بقوالب غير قابلة للاستثمارها فيما يواجه من إشكاليات رياضية.
- هـ. توفير جو من التعاون البناء والمشاركة الإيجابية، والاعتماد على التشجيع والتعزيز لتقوية ميول التلاميذ نحو الرياضيات.
- و. تدريب التلميذ على التأني في قراءة المسألة الرياضية عدة مرات واستخراج ما هو مطلوب بالضبط قبل الشروع في الحل واستحضار القوانين والمبادئ المساعدة على الحل، وتوجيهه ليجرب أكثر من طريقة للحل. [10]

الخاتمة

تناولنا في هذه الدراسة مشكلة صعوبة تعلم الرياضيات من وجهة نظر تلاميذ مرحلة التعليم المتوسط، حيث يردّد تلاميذ هذه المرحلة عبارة (الجبر + الهندسة = الهروب من المدرسة). ورغم أنّ هذه المقولة غير واقعية ومنتشرة، إلا أنها تدلّ فعلاً على مشكلة يعاني منها التلاميذ. وقد تفاقمّت هذه المشكلة، ممّا جعل العديد من أساتذة الرياضيات يشكون من ضعف التلاميذ ونفورهم من دراستها. كما نسجّل كذلك عزوف العديد منهم عن التوجّه إلى فروع العلوم الدقيقة بالمرحلة الثانوية، نتيجة خوفهم من الرياضيات.

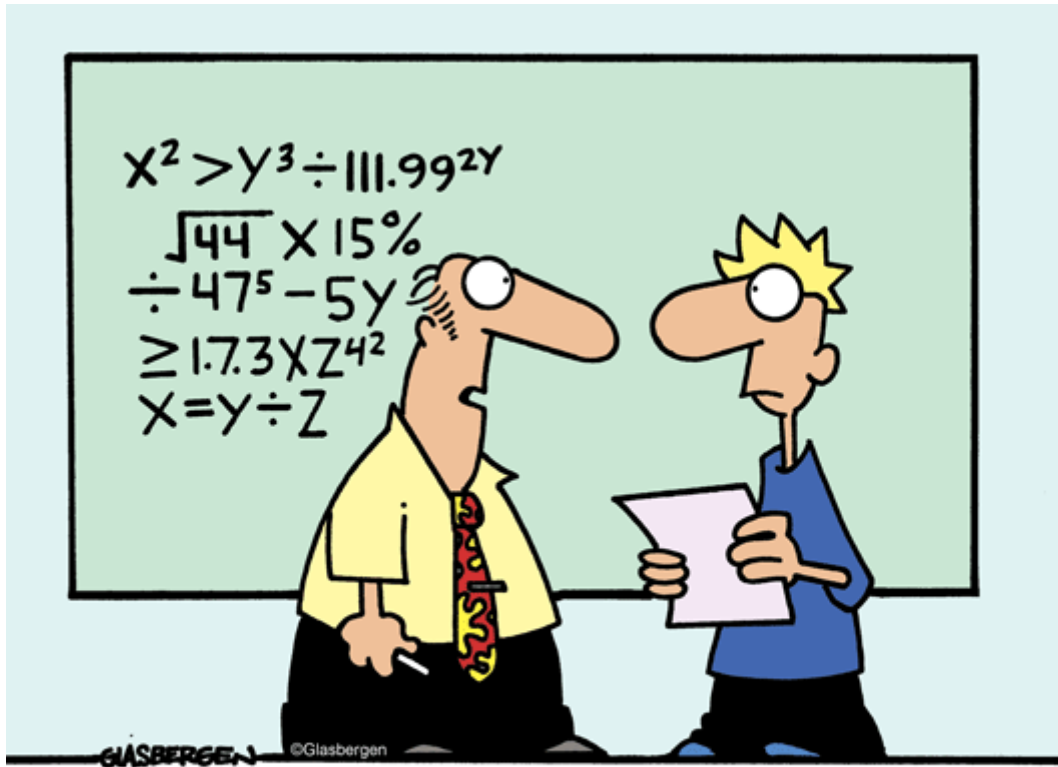
ويلاحظ العديد من الأساتذة حالات القلق الشديد والاضطراب، والتي ينتج عنها استجابات هستيرية وإغماءات يوم امتحان الرياضيات خاصّة في الامتحانات الرسمية. كلّ هذا يفرض علينا دق ناقوس الخطر، ذلك لأنّ مادة الرياضيات بالغة الأهمية. وقد أعطت المنظومات التربوية في البلدان المتطورة أهمية خاصة للرياضيات فالتفوق أو التأخر فيها تظهر نتيجته في التحصيل الدراسي لبقية المواد.

لكن رغم كل ما ذكر عن صعوبة الرياضيات وعن طبيعتها المجردة ونفور التلاميذ من حصتها وتجنّب التوجه لفروعها، نجد العديد من أساتذتها لا يجتهدون في تحبيب مادتهم ويفرضون استخدام أساليب التشويق أثناء تدريسها، على أساس أن ذلك ينقص من قيمتها ويضعف من مستواها. وهذا يفرض علينا مراجعة شاملة لمناهج الرياضيات بدءاً بأهدافها ومحتواها والطرائق والوسائل المستخدمة في تدريسها، إضافة إلى إعادة النظر في تكوين أساتذتها، وتدريبهم على أساليب تدريس تحبّب للتلاميذ مادة الرياضيات، وتنمي كفاءاتهم على فهمها واستيعابها والرغبة في دراستها.

المراجع

- [1] إبراهيم بدر، إسماعيل، برنامج إرشادي لتحسين مستوى الذكاء الانفعالي لدى الطلاب الموهوبين منخفضي التحصيل الدراسي، مجلة كلية التربية، جامعة بنها (ج. م. ع.)، العدد 51، ص. 11-67، 2002.
- [2] أبو زينة، فريد كمال؛ خطاب، محمد صالح، أثر التعلم التعاوني على تحصيل الطلبة في الرياضيات واتجاههم نحوها، مجلة كلية التربية، جامعة الإمارات، السنة العاشرة، العدد 11، ص. 233-267، 1995.
- [3] بل، فريدريك، ترجمة المفتي وسليمان، طرق تدريس الرياضيات، الدار العربية للنشر، القاهرة، 1989.

- [4] حمدان، فتحي خليل، أساليب تدريس الرياضيات، داروائل للنشر، الأردن، 2005.
- [5] خضر، نظلة، أصول تدريس الرياضيات، عالم الكتب، القاهرة، 1988.
- [6] زهران، العزب، ما وراء المعرفة وتنمية مهارات حل المشكلات الرياضية، 2005.
- [7] الزيات، فتحي مصطفى، صعوبات التعلم، الأسس النظرية والتشخيصية والعلاجية، دارالنشر للجامعات، القاهرة، 1998.
- [8] الشامي، حمدان ممدوح، الذكاءات المتعددة وتعلم الرياضيات، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، 2008.
- [9] العامري، الطاهر، حتى لا ننقر التلاميذ من الرياضيات.
- [10] محمد بدر، محمود إبراهيم، الاتجاهات الحديثة في تدريس الرياضيات للتلاميذ بطيئي التعلم، 2006.
- [11] مسعد السعيد، رضا، تقويم أداء معلم الرياضيات، 2005.
- [12] المفتي، محمد أمين، الاتجاهات الحديثة في تعليم الرياضيات، 2004.
- [13] الهويدي، زيد، أساليب واستراتيجيات تدريس الرياضيات، دارالكتاب الجامعي، العين، الإمارات العربية المتحدة، 2006.



“Can you keep a secret? I’ve been teaching this stuff for 15 years and I still don’t understand it.”

("هل يمكنك كتمان سر؟ لقد درّست هذه العلاقة لتلاميذ 15 سنة، وأنا لم أفهمها بعد.")

حوسبة

الحوسبة الصناعية: تعريفها ومجال تطبيقاتها

محمد تهامي

مساعد مدير بشركة سونلغاز، بشار، الجزائر
tmoky13@gmail.com

تمهيد

تمخّص عن ازدواجية الإلكترونيات الدقيقة microelectronics بالإعلام الآلي بزوغ التكنولوجيا الفائقة high technology ذات الأعمدة المتعددة، ولعل أهمها الإعلام الآلي الصناعي أو الحوسبة الصناعية وهي ببساطة مجال من مجالات الحوسبة المطبقة على الصناعة. أي نحن في مفترق طرق بين الإلكترونيات والهندسة الكهربائية والميكانيكا والروبوتات والبرمجيات.

وهذا يشير مصطلح "الحوسبة الصناعية" إلى فرع الحوسبة الذي يشمل جميع تقنيات التصميم والتحليل والبرمجة لأنظمة الحوسبة الصناعية. ولكونه مجالا علميا واسعا للغاية، فإنه يجد تطبيقات متعددة في الصناعة، لعل أهمها:

- البرمجة الأتوماتكية لوحداث الإنتاج،
- بطاقة المعالجات الدقيقة لتطبيقات الأتمتة الصناعية أو المدمجة أو المنزلية،
- أنظمة الإشراف التي يمكنها معالجة المعلومات من عدد كبير من أجهزة الاستشعار في الوقت الفعلي، وتضمن التحكم في المشغلات المتعددة كمحطات إنتاج الكهرباء،
- الأنظمة الصناعية المستمرة والروبوتات الصناعية والمستقلة،
- مراقبة الحركة الجوية أو السكك الحديدية،
- التطبيقات المتعلقة بالسيارات الكهربائية والطائرات ذوات المحركات الهجينة "نظام الفرامل المانعة للانغلاق" (ABS) وبرنامج الثبات الإلكتروني (ESP).

من المفيد أيضاً أن نذكر بأن الحوسبة الصناعية لا تعود إلى الألفينيات بل إلى سبعينيات القرن الماضي! وقد يقول البعض قبل ذلك. لكن من الواضح أن التقدم التكنولوجي كان مذهلاً في السنوات الأخيرة، ممّا أدى إلى الانتشار الواسع لها، على غرار ظهور الصناعة 4.0، التي لا تزال في مهدها. ولإن كانت الحوسبة الصناعية هي إذاً استخدام التكنولوجيا الحاسوبية في الصناعة لتحسين الإنتاجية والكفاءة وتقليل التكاليف والأخطاء، فكيف يتم ذلك؟ الأمر يختصر في التصميم الدقيق والإنتاج الوفير.

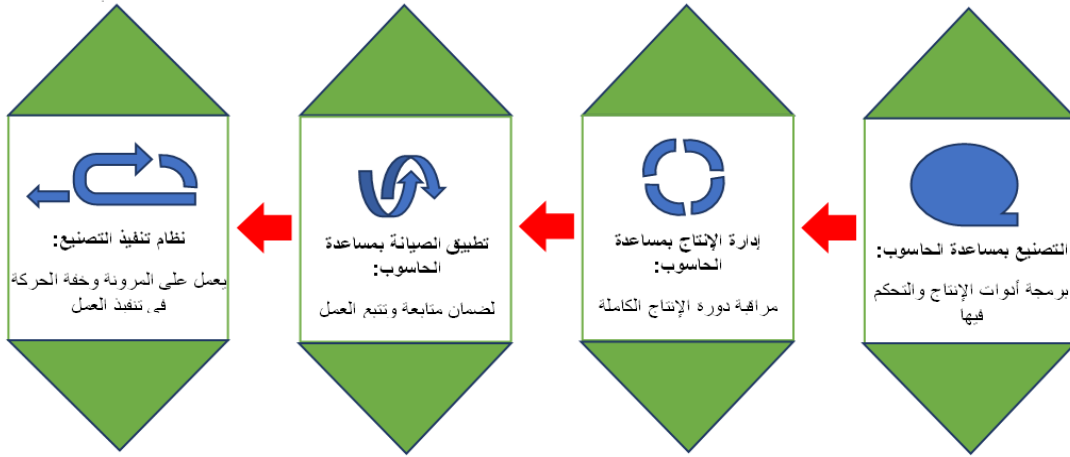
1. التصميم الدقيق بمساعدة الحاسوب

الحوسبة الصناعية هي التي تجعل أيضاً من الممكن تنفيذ التصميم بمساعدة الكمبيوتر (Computer-Aided Design CAD)، والرسم بمساعدة الكمبيوتر (Computer-Aided Drawing CADR). تساعد البرامج والتقنيات النمذجية الهندسية في تطوير المنتجات والأدوات اللازمة لتصنيعها، ثم اختبارها افتراضياً. يتم استخدام هذه التقنيات في العديد من المجالات، بما في ذلك:

- **الميكانيكا:** وبالأخص الميكانيكا الدقيقة، لنمذجة العديد من المعينات المرتبطة ببعضها، جراء مختلف المواد المستخدمة. تتيح البرمجيات الحديثة إمكانية تصميم كائنات ثلاثية أبعاد، لثني المواد فعلياً أو ثقب الأجزاء أو إجراء تعديلات عليها.
- **الإلكترونيات:** لتصميم الدوائر الإلكترونية والمعالجات الدقيقة. توفر مجموعة برامج الالتقاط التخطيطي للدائرة والمحاكاة ووضع المكونات والتوجيه. يُعدّ التصميم بمساعدة الكمبيوتر CAD مفيداً بشكل خاص في حالة الدوائر المطبوعة، خاصةً عندما يجب إجراء تتبع المسارات على عدة طبقات.
- **الهندسة الكهربائية:** لوضع خطط الأسلاك الكهربائية لتوزيع الطاقة، والصناعة، والسيارات أو حتى الطيران. تتيح أداة الكمبيوتر إدارة المشروع ككل، سواء الخطط والروابط بين المكونات أو الكتل الطرفية أو أحزمة الأسلاك. يقدم برنامج الإلكترونيات نوعين من التصميم: الوضع الرمزي، وحديثاً، وضع الكائن. تتيح هذه التقنية إمكانية إجراء تغييرات على الأجهزة والكابلات بالإضافة إلى تحديثات المشروع في الوقت الفعلي دون القلق بشأن الاضطرار إلى التجديد، على سبيل المثال فواتير المواد أو الكتل الطرفية.
- **العمارة:** وخاصة في سياق المشاريع الكبرى. غالباً ما يتم تقديم العروض التقديمية للملفات إلى صانعي القرار باستخدام الرسومات ثلاثية الأبعاد.
- **التعمير والتخطيط العمراني:** من أجل تصميم مبانٍ وأحياء كاملة من خلال نمذجة ثلاثية الأبعاد. تتيح البرامج ثلاثية الأبعاد أيضاً إمكانية دمج عناصر من مصادر غير متجانسة، مثل شركات الطرق السريعة أو السلطات المحلية أو شركات الأشغال العامة.
- **الطب:** في القطاع الطبي، تجد الحوسبة الصناعية تطبيقات في كل من تصميم معدّات تقويم العظام وفي المجال الجزيئي، بفضل التقنيات الجزيئية للتصميم بمساعدة الكمبيوتر CAD والرسم بمساعدة الكمبيوتر CADR التي تجعل من الممكن رقمنة الجزيئات الموجودة ولكن أيضاً لتصميم جزيئات جديدة.

2. الإنتاج الوفير باستعمال الحوسبة الصناعية

- في الوقت الذي تعمل فيه الروبوتات بشكل متزايد في المصانع على خطوط التجميع، تحتل الحوسبة الصناعية مكانها في هذا المجال أكثر من أي وقت مضى، سواء من خلال:
- **التصنيع بمساعدة الحاسوب (Computer Aided Manufacturing CAM):** والذي يسمح ببرمجة أدوات الإنتاج والتحكم في تشغيلها.
 - **إدارة الإنتاج بمساعدة الحاسوب (Computer Aided Production Management CAPM):** والتي توفر مراقبة دورة الإنتاج الكاملة من شراء المواد الخام إلى تسليم المنتج النهائي.
 - **برنامج إدارة الصيانة بمساعدة الحاسوب (Computer Aided Maintenance Management Software CMMS):** فمن خلال برمجة الآليات المخصصة للإنتاج، يتم أيضاً بالتوازي الكشف عن أعطالها كما أنّ صيانتها مخطط لها. في كثير من الأحيان، يتم التحكم في خط الإنتاج، أو حتى المصنع بأكمله، بواسطة أداة الكمبيوتر، سواء كان جهاز الكمبيوتر مركزياً واحداً أو شبكة من أجهزة الكمبيوتر مرتبطة ببعضها البعض.
 - **نظام تنفيذ التصنيع (Manufacturing Execution System MES):** يعمل على المرونة وخفة الحركة أثناء التنفيذ.



الشكل 1. عملية تحقيق الإنتاج الوفير باستعمال الحوسبة الصناعية

- تعمل تقنية الحوسبة الصناعية أيضاً على أنظمة معلومات متطورة مثل:
- **الصناعة الذكية** (Smart Industry SI): تشير إلى الصناعة الذكية للمستقبل، وتغطي جميع التقنيات: إنترنت الأشياء، والبيانات الضخمة، والواقع المعزز، إلخ.
- **التصنيع المتكامل بالحاسوب** (Computer Integrated Manufacturing CIM): يسمح هذا النوع، فيما يسمح، بتنفيذ عمليات الإنتاج الأوتوماتيكية.

3. مزايا الحوسبة الصناعية

بادئ ذي بدء، سبق الإشارة إلى التطور السريع للحوسبة الصناعية مع التطور المذهل للتكنولوجية بشكل عام لا سيما الإلكترونيات الدقيقة، ما نتج عنه ظهور الصناعة 4.0، مما يعزز أهمية وتطور وتأثير الحوسبة الصناعية بالنسبة للعديد من الشركات.

في الواقع، يجب على المرء أن يأخذ في الاعتبار اتساع نطاق التقنيات التي تشكل الصناعة 4.0، لفهم انتشار وأهمية الحوسبة الصناعية المصاحبة لها، سواء كان ذلك، على سبيل المثال، العدد المتزايد من الروبوتات على خطوط الإنتاج أو الإنترنت الصناعي للأشياء (IIOT). تستمر كل هذه التقنيات في التطور بسرعة بهدف تحسين عمليات التصنيع وبالتالي تحسين إنتاجية الشركات لمواجهة المنافسة المتزايدة باستمرار! في الواقع، تتبع مهارات وتقنيات الحوسبة الصناعية النمط ذاته، مما يتطلب فنيين ومهندسين ومطورين دائماً أكثر تقدماً في مجالهم وقادرين على مواكبة التطورات. باختصار، المتخصصون بتكنولوجيا المعلومات الصناعية هم مفتاح الشركات.

تُستخدم الصناعة 4.0 بشكل أساسي لتطوير نشاط صناعي عالي الأداء. يوفر الربط البيئي للمنشآت الصناعية لحظات مواتية لتكون أكثر ابتكاراً، وقبل كل شيء لتتمتع بمستوى عالٍ من الإنتاجية. يعمل هذا المفهوم على إحداث ثورة في الطريقة التي يصنع بها المحترفون منتجاتهم ويطورونها ويوزعونها، خاصة مع تكامل التقنيات الجديدة، مثل الذكاء الاصطناعي (AI) وإنترنت الأشياء (IOT) والحوسبة السحابية وما إلى ذلك. أيضاً، يمكن أن يساعدك استخدام

البرامج المتكاملة في تحليل البيانات، وخاصة في اتخاذ القرار. تنطبق تقنيات الصناعة 4.0 على جميع أنواع الشركات الصناعية دون استثناء.[1]

1.3 توطين الصناعة الذكية (الصناعة 4.0) عبر الحوسبة الصناعية

العامل الرئيسي الذي أدى إلى ظهور الصناعة 4.0 هو وجود الإنترنت والويب، المعتمدة على الحوسبة بشكل عام والحوسبة الصناعية بشكل خاص. حيث أصبح بالإمكان مساعدة أرباب العمل على تخيل وإنشاء مصنع ذكي ومؤتمتة بالكامل، يمكنهم من خلاله دمج أنظمة الكمبيوتر المتصلة لإدارة بياناتهم. الأمر ينطبق أيضاً على أساتذة الجامعات والباحثين، وذلك بإنشاء مخبر عملاقة ودقيقة في هذا الشأن.[1]

وبذلك أصبح بإمكان مطوّرو تكنولوجيا المعلومات الماهرون تطوير وإنشاء العالم المتصل أين تُخزّن البيانات في السحابة، وإدارة أي عمل عن بُعد، بالإضافة إلى اكتشاف أي إخفاقات وتتبع الإنتاج בזكاء. توجد تطبيقات لا حصر لها: وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة للتحكم في أنظمة الإنتاج، وحلول تخطيط موارد المؤسسات (Enterprise Resource Planning Solutions ERPS)، وحلول MES، والروبوتات الصناعية والمستقلة، وبرامج السيارات على متن الطائرة (ABS، ESP، إلخ).

2.3 الأفق المستقبلية لصناعة 4.0 أو 5.0

ستتمكن جميع المصانع الذكية في النهاية من دمج المادي والافتراضي، وفقاً لمتطلبات تبادل البيانات مع سلاسل التوريد. يُستخدم تحليل المعلومات في مفهوم الصناعة 4.0 بشكل أساسي، لتحليل تفضيلات ورغبات وأذواق الزبائن بحيث يتم تخزينها بعد ذلك، وتكون مفيدة للتصنيع الفعّال والسريع والشخصي. وستعرف وكالات الويب للترشيح انتشاراً واسعاً، على غرار Euro Tech Conseil، وهي إحدى وكالات الويب المصممة خصيصاً للمساعدة على تطوير حلّ محدّد لتحسين المصانع واكتشاف عالم تشغيل أكثر ذكاءً في مجابهة قيود العمل، إن في مشقاتها أو روتينياتها.[1]

3.3 تحديات الحوسبة الصناعية

التحديات الحالية للحوسبة الصناعية عديدة ومتنوعة. وهي تشمل الأمن السيبراني، وتحسين العمليات والأتمتة على مستويات جديدة، والذكاء الاصطناعي، والاتصال وأداء سلسلة الإنتاج، وأمن أنظمة تكنولوجيا المعلومات الصناعية.

يُعدّ الأمن السيبراني موضوعاً مهماً بشكل متزايد في الصناعة، حيث أنّ أنظمة الكمبيوتر متصلة بشكل متزايد وعرضة لهجمات المخترقين (Hackers). هناك مشكلة أخرى وهي مدى جودة اتصال أنظمة الكمبيوتر فيما بينها، ممّا يسمح بتواصل أفضل وتنسيق أفضل بين مختلف اللاعبين في الصناعة. أخيراً يجب أن تكون تقنية المعلومات الصناعية قادرة على التكيف بسرعة مع التطورات التكنولوجية لتظل قادرة على المنافسة وتفي باحتياجات الأعمال.

4. مستقبل الحوسبة الصناعية مع اعتماد تقنية تشات جي. بي. تي ChatGPT

التقاء تطبيقات الحوسبة الصناعية مع نظيراتها لتشات جي. بي. تي في الكثير من النقاط المشتركة، جعل من مسألة البحث في نسج تطبيق خليط بين الاثنين مادةً دسمةً للعديد من المخبر. معروف أنّ تشات جي. بي. تي ChatGPT هو برنامج معالجة لغة طبيعية يمكن استخدامه في الصناعة لأتمتة مهام خدمة العملاء. يمكن استخدامه للإجابة عن أسئلة العملاء وحلّ مشكلاتهم وتقديم معلومات المنتج. وعند توأمة تطبيقات الحوسبة الصناعية بتطبيقات تشات جي. بي. تي يمكن يؤدي ذلك إلى تحسين الكفاءة التشغيلية عن طريق أتمتة عمليات العمل وتقليل الوقت المستغرق للإجابة عن أسئلة العملاء وحلّ مشكلات العملاء. ما يساعد أيضاً في

تقليل التكاليف عن طريق تجنب الخطأ البشري وتقليل عدد الموظفين اللازمين لأداء مهام معينة. يمكن أيضاً استخدام الحوسبة الصناعية باعتماد تشات جي. بي. تي من أجل جمع بيانات العملاء والمنتجات، والتي يمكن أن تساعد الشركات على فهم احتياجات عملائها بشكل أفضل وتحسين منتجاتهم وخدماتهم. [2]

تساعد الحوسبة الصناعية المعتمدة على تشات جي. بي. تي في تحسين كفاءة العمال ولا سيما الإطارات، من خلال أتمتة وظائف العمل وتقليل الوقت اللازم لأداء مهام معينة. على سبيل المثال، يمكن استخدام التطبيق الخليط للإجابة عن أسئلة العمال وحل مشكلاتهم، لا سيما تلك المتعلقة بإجراءات العمل ومحفزات الإنتاج. كما يمكن أيضاً استخدامه لجمع بيانات الزبائن والمنتجات، والتي يمكن أن تساعد الشركات على فهم احتياجات زبائنهم بشكل أفضل وتحسين منتجاتهم وخدماتهم.



الشكل 2. صورة نموذجية للحوسبة الصناعية

ذكريات

من ذكرياتي ... وقفات في مسار المدرسة العليا للأساتذة بالقبة (2)

محمد الطيب سعداني

أستاذ متقاعد، بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

mohammedtayeab.sadani@g.ens-kouba.dz

1. من إسهامات المدرسة

1.1 في تعريب العلوم

لا شك أن من أكبر إسهامات المدرسة تعريب العلوم بفضل أساتذتها وبما قاموا به من أعمال في مجالات الترجمة والتأطير، ومن أقدمهم، من المنتسبين إلى المدرسة في الفترة التي حدّناها، الأستاذ أبو بكر خالد سعد الله الذي ترجم عددا كبيرا من الكتب في مجال الرياضيات.

ولا يفوتنا أن نذكر أن السيد عبد الحفيظ مصطفى (1935-2006)، الذي كان من القلائل من جيله الذي درّس الرياضيات بالعربية بل وسجّل دروسا في هذه المادة بطلب من وزارة التعليم العالي، كان قد كلّفنا في أواخر الستينيات بإنشاء فوج للبحث في المصطلحات العلمية. كان هذا الفوج مكوّنا من طلبة من كل التخصصات العلمية من بينهم المرحوم محمد الفاضل مفتاح في الفيزياء الذي تولّى فيما بعد منصب نائب مدير لجامعة قسنطينة، ومبارك مرغيدو في الرياضيات. وكان الفوج يلتقي مساء يوم الأحد وينظر في ترجمة بعض المصطلحات من الفرنسية إلى العربية وينشرها بعد طباعتها.

2.1 الجامعة الصيفية

علاوة على العديد من الملتقيات العلمية الوطنية والدولية التي نظّمها الإدارة والجمعيات العلمية خلال الثمانينيات، عُهد إلى المدرسة تنظيم جامعة في صائفة 1985 دامت ثلاثة أسابيع لفائدة بضع مئات من الأساتذة من كل القطر الجزائري. كان معظم هؤلاء الأساتذة قد وُظّف تحت وطأة الحاجة العاجلة لتأطير تلاميذ التعليم الثانوي الذين زاد عددهم بصورة ملحوظة خلال السبعينيات، وذلك دون استكمال دراستهم (إحراز شهادة الليسانس) بل لمجرد تسجيلهم في السنة الأخيرة من الليسانس. وقد منعهم هذه الوضعية من الترسيم سنوات عديدة. أوكلت إلينا هذه المهمة، فكان علينا العمل على جمع الأساتذة المؤطرين للتكفل بتدريس كل الوحدات الموجودة في ملامح تكوين أساتذة التعليم الثانوي العام، العلمية منها والأدبية.

وكانت وزارة التعليم العالي قد وفّرت لنا كلية الحقوق للجوانب البيداغوجية والإقامة الجامعية بين عكنون للإيواء، لقربهما من مديرية التكوين بوزارة التربية المشرفة على كل الجوانب المادية. وقد تمكّنا من توفير العدد اللازم من الأساتذة المؤطرين أي نحو 120 أستاذا، والذين وفدوا من جميع جامعات القطر وكانوا مثالا في الجدية والكفاءة والانضباط، ممّا كفّل لهذه التجربة الأولى كل النجاح، وهنّأنا بهذا النجاح كل من وزير التربية ووزير التعليم العالي في زيارة لهما. ولقد ساعدنا في هذه المهمة أستاذ الفيزياء (بالمدرسة) إبراهيم معزوز الذي أبان عن قدرات عالية في التسيير والتنظيم.

3.1 في تأطير جامعات الوطن

لعلّ من أوّل ما ينبغي ذكره في هذا المجال هو ما أسهم به خريجو المدرسة إن على صعيد التأطير الإداري أو البيداغوجي للعديد من جامعات القطر، بدءا من جامعتي الجزائر وباب الزوار في التخصصات الأدبية باللغتين كما في

التخصصات العلمية. وكذلك الشأن بالنسبة للعديد من الجامعات والمدارس العليا فيما بعد، مثل جامعة قسنطينة وجامعة تلمسان، والمدرسة العليا للتعليم التقني بوهران على سبيل المثال. فيما كان لبعضهم أيضا دور في تأطير جامعات خارج الوطن لا سيما في فرنسا.

وعلى سبيل المثال لا الحصر، نذكر أن من بين أوائل قدامى الطلبة الأساتذة الذين أسهموا في تأطير جامعة باب الزوار الأستاذ المرحوم عبد القادر خلادي (1944-2021) الذي سميت قاعة باسمه في جامعة باب الزوار عرفانا بإسهاماته في مجالات البحث والتعليم والتسيير، والأستاذ محند أرزقي موساوي في الرياضيات، والأستاذ احسن بوعبد الله في الفيزياء والأستاذ إبراهيم مكلاطي والأستاذ بو بكر معوش وعلاوة رباح وزوجته في الكيمياء، والأستاذ علي شيخي وغازي عياد في البيولوجيا، والأستاذان ربوح حناشي وإبراهيم بو المطافس ومصطفى قندوز في الجغرافيا والتهيئة العمرانية. منهم من انتقل إلى رحمة الله ومنهم مَن يزال على قيد الحياة.

2. ضيوف المدرسة

من كبار ضيوف المدرسة في هذه الفترة المفكر الجزائري الكبير مالك بن نبي (1905-1973)، وشيخ المؤرخين أبو القاسم سعد الله (1930-2013) رحمهما الله. وكلاهما ألقى محاضرة بقاعة السينما، الأول حول قضايا تتعلق بالفكر الإسلامي، في مطلع السنة الجامعية 1970؛ والثاني محاضرة حول العامل الديني في الثورة التحريرية، في مطلع السنة الجامعية 1971.



الصورة 2. أبو القاسم سعد الله



الصورة 1. مالك بن نبي في المدرسة العليا للأساتذة، القبة

نشير إلى أن الواقف بجوار مالك بن نبي في الصورة 1 هو الطالب الأستاذ سليم كلالشه (1945-1989) رحمه الله.

3. المشاهير الذين تخرجوا من المدرسة في هذه الفترة

تخرج من المدرسة أعلام كثيرون في العديد من المجالات لا نحسب أننا قادرون على ذكرهم جميعا، فليس ذلك بالأمر الهين فهم، بلا شك، كثير، وفي كل المجالات. من أجل ذلك نعتذر لكل من قصّرنا في حقه وسنكتفي في هذا المقال بذكر البعض منهم سائلين الله الرحمة لكل من توفي منهم:

1.3. في المجالات الفكرية

- الأستاذ علي الكنز عالم الاجتماع (1946-2020) المولود بسكيكدة، والذي التحق بالمدرسة في أكتوبر 1965، وكان طالبا في السنة الثانية جامعية في قسم الفلسفة. ومن أعماله: "اقتصاد الجزائر" (1980)، "كبار المفكرين" (1985)، "الجزائر والحدثة" (1989)، "الفرصة والتاريخ" (1990).
- الأستاذ دحو جربال، المولود في 6 يناير 1946 بوهران، والذي التحق بالمدرسة في أكتوبر 1965 في السنة الأولى آداب فرنسية. كان أستاذا في تاريخ الحضارات الشرقية في قسم التاريخ بجامعة الجزائر 2. وهو، منذ 1993، مدير مجلة «نقد» التي تعنى بالدراسات النقدية الاجتماعية. من مؤلفاته "المنظمة الخاصة لفيدرالية فرنسا لجهة التحرير الوطني".
- الأستاذ محمد القورصو، الذي التحق بالمدرسة في نوفمبر 1967 في السنة الثانية بقسم التاريخ. هو مؤرخ جزائري مشهور وعضو في جمعية 8 مايو 1945. عيّنه الرئيس عبد المجيد تبون عضوا في اللجنة المشتركة الجزائرية الفرنسية، التي مهمتها معالجة ملف الذاكرة والقضايا التاريخية العالقة بين الجزائر وفرنسا.
- الأستاذ جغلول عبد القادر، الذي التحق بالمدرسة في أكتوبر 1965 بالسنة الثانية. هو مؤرخ وعالم اجتماع وأستاذ بجامعة وهران (1984)، ومدير مركز البحوث والمعلومات الوثائقية في العلوم الاجتماعية والإنسان (CRIDSSH). من أهم أعماله "عناصر من التاريخ الثقافي الجزائري". توفي جغلول عبد القادر في أبريل 2010.

2.3. في المجال العلمي

- الأستاذ محمد بنات، الفيزيائي الجزائري الشهير، من مواليد 15 يوليو 1949 بتنس. التحق محمد بنات بالمدرسة في مطلع السنة الجامعية 1967-1968، وذاع صيته كعالم في الفيزياء في اليابان في الثمانينيات بعد دراسته الفيزياء في جامعة الجزائر ثم في جامعة تولوز بول سباتي بفرنسا. كان عضوا بالجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين، والجمعية اليابانية للمهندسين الميكانيكيين، وتولى الإشراف في جامعة طوكيو على العديد من مشاريع البحث والتطوير.

3.3. في المجالات السياسية

- السيد طاهر قاسي (1944-2007) المولود في قرية مغيرة بتيزي وزو، والذي التحق بالمدرسة في أكتوبر 1964. تبوأ طاهر قاسي عدة مناصب في وزارة التربية قبل أن يصبح مستشارا برئاسة الجمهورية ثم كاتب دولة للتكوين المهني بين عامي 1996 و1997. ومن مؤلفاته كتاب "تأملات في النظام التربوي" (2003).
- السيد جيلالي اليابس (1948-1993) المولود بسيدي بلعباس، والذي تحمل اسمه جامعة سيدي بلعباس. التحق بالمدرسة في نوفمبر 1967 بقسم الآداب الفرنسية، وواصل دراسته في قسم الفلسفة. عُيّن وزيرا للجامعات عام 1991 ثم وزيرا للجامعات والبحث العلمي عام 1992، وفي أكتوبر 1992، مديرا لمعهد الدراسات الاستراتيجية الشاملة. ومن مؤلفاته كتاب "بلدان العالم الثالث والنظام العالمي الجديد".
- السيد محفوظ نحات (1942-2003) وُلد بالبليدة والتحق بالمدرسة في بداية الموسم الجامعي 1968-1969 بقسم الأدب العربي. هو من أسس مع الشيخ محمد بوسليمان جمعية الإرشاد والإصلاح، وكان أول من ترأسها ثم أسس بعدها حركة مجتمع السلم الجزائرية فحزب "حركة المجتمع الإسلامي" الذي انتخب أول رئيس له في 30 مايو 1991.

4.3. في إدارة شركات ومجمعات كبرى

- السيد صالح شروانة، وهو كيميائي وتبوأ عدة مناصب في شركة سوناطراك منها مدير مصفاة، رئيس تنفيذي للتكرير (15 عامًا)، ورئيس مدير عام شركة نفطال، الشركة الوطنية لتسويق وتوزيع المنتجات النفطية، خلال الفترة 2005-2007.
- السيد سعيد أكريتش، وهو فيزيائي التحق بالمدرسة في أكتوبر 1967 بقسم الرياضيات، وانضم في 1975 لوزارة الطاقة والمناجم ليصبح رئيسا مديرا عاما لشركة نفطال 2007-2015.
- السيد مصطفى سواق، وُلد بمدينة دّلس والتحق بالمدرسة في مطلع السنة الجامعية 1968-1969 بقسم الأدب العربي، ودرّس مادة «نظرية الأدب» في جامعة الجزائر. شغل عدداً من المناصب المختلفة في شبكة الجزيرة، منها مديرا لمركز الجزيرة للدراسات، وأصبح عام 2011 المدير العام بالوكالة لشبكة الجزيرة الإعلامية.

5.3. في مجالات الفنون

- نذكر السّادة الذين كانوا طلبة بالمدرسة قبل السبعينيات:
- عبد الكريم بهلول (المقيم بفرنسا)، وبلقاسم حجاج (الذي تكوّن في بلجيكا وعاد إلى الجزائر)، وهما مخرجان سينمائيان مشهوران؛
 - منصف قيتا في الفنون التشكيلية، والذي التحق بالمدرسة في نوفمبر 1964 بقسم العلوم الطبيعية؛
 - بن بابا علي سعدان الذي كان أستاذا في اللغة العربية وآدابها بجامعة السوربون الجديدة ومهتما بالموسيقى الأندلسية والموشحات.

4. بعض المحطات الهامة في تاريخ المدرسة بعد 1971

1.4. مرحلة التردد والبحث عن إثبات الذات من 1971 إلى 1979

- أهمّ حدث شهده النظام التربوي في بداية السبعينيات، بعد استحداث وزارة للتعليم العالي والبحث العلمي في 21 جويلية 1970، هو إصلاح التعليم العالي الذي أنشأ، بمقتضى المرسوم 71-228 الصادر في 25 أوت 1971، شهادة ليسانس التعليم التي تؤهل أساسا للتعليم العالي، وألغى مرسوم الامتياز الذي كان يتمتع به الطلبة الأساتذة منذ نشأة المدرسة أي شبه الراتب المصروف للطلبة الأساتذة، وعوّضه بمنحة. وكان من انعكاسات ذلك عزوف الطلبة عن الإقبال عن التسجيل بالمدرسة العليا (وهي مؤسسة جامعية تابعة لوزارة التعليم العالي)، وقد انجرت عن هذا العزوف آثار سلبية على تأطير التعليم الثانوي. وفي مسعى لسدّ الحاجة اتخذت الإجراءات التالية: [1]
- إصدار مرسوم رقم 72-237 بتاريخ 13 نوفمبر 1972 يقضي بزيادة 100 دينار لشبه راتب طلبة المدرسة العليا للأساتذة بالقبة؛
 - إصدار قرار وزاري في 18 جويلية 1975 يقضي بالسماح لمن لهم مستوى السنة الثالثة من التعليم الثانوي في التخصصات العلمية للالتحاق، بعد مسابقة، بالمدرسة العليا وبعض الجامعات لتحضير الليسانس في العلوم الدقيقة (فيزياء كيمياء رياضيات)؛
 - إعادة نفس الإجراء في السنة الموالية بمقتضى القرار الوزاري المؤرخ في 21 ماي 1976؛
 - إصدار قرار وزاري في 03 جوان 1976 يعمّم الإجراء لتحضير الليسانس في العلوم الطبيعية؛
- وهكذا التحق بالمدرسة العليا وبعض الجامعات 1275 طالبا أستاذا من غير المتحصلين على شهادة البكالوريا. ولقد رأينا أن مثل هذه الإجراءات لا تشجع التحاق حاملي شهادة البكالوريا بالمدرسة واقترحنا إلغاءه، فلم يكرّر في مطلع السنة الجامعية 1977-1978.

في أكتوبر 1977، تم توجيه كل طلبة جامعة باب الزوار المعربين (وكانت آنذاك تدعى جامعة العلوم والتكنولوجيا للجزائر) للمدرسة العليا للأساتذة. وقد سبب هذا حرجا كبيرا لمديرية الدراسات بالمدرسة لجهلها بعددهم وبمواعيد التحاقهم بالمدرسة، ولعدم توفر المدرسة على مرافق كافية لاستيعابهم. وقد اضطرت إدارة المدرسة على هدم الجدران الفاصلة بين بعض القاعات الجاهزة والاستعانة بعدد من الكراسي والطاولات من جامعة باب الزوار.

في السنة الجامعية 1978-1979، عُرض على إدارة المدرسة إلحاق جامعة الخروبة للتوسع، لكنها رفضت المقترح بعد معاينة القاعات وتأكيدها من عدم توفرها على مخابر تفي بمتطلبات التعليم العلمي. كما تم خلال سنة 1978، توجيه الطلبة الأساتذة الذين كانوا ينتمون لمدرسة لتكوين المعلمين، كانت قد أنشئت في إطار التعاون الجزائري العراقي في أواخر السبعينيات ببوزريعة، إلى المدرسة العليا للأساتذة بالقبة.

شهدت السنة الجامعية 1979-1980، تحويل الداخلية القديمة (الموروثة عن العهد الاستعماري) إلى مخابر في الفيزياء والكيمياء والعلوم البيولوجية وقاعات دراسية. وكان ذلك إيذانا بانطلاقة جديدة للمدرسة أصبحت فيها هي المؤسسة الجامعية الوحيدة في وسط البلاد المكلفة بتكوين أساتذة التعليم الثانوي في التخصصات العلمية. وقد كان دور المدرسة قبل هذه السنة يكاد يكون منحصرًا في مهام إدارية: صرف شبه الراتب للطلبة الأساتذة بما فيهم الأدبيين، وبرمجة الدروس لطلبتها العلميين الذين كانوا تحت الإشراف البيداغوجي للجامعة المركزية زمنًا، ثم تحت الإشراف البيداغوجي لجامعة باب الزوار، من حيث كون هاتين الجامعتين هما اللتان كانتا تمنحان شهادة التخرج للطلبة الأساتذة.

2.4. مرحلة الإقلاع من 1980 إلى 1990

- جوان 1983، تخرّج أول دفعة من المدرسة العليا، وهي الدفعة التي دخلت المدرسة 3 سنوات من قبل أي في مطلع السنة الجامعية 1980-1981، وكانت شهادتها صادرة من المدرسة، وليس من الجامعة.
- 27 جوان 1983، انعقاد يومين دراسيين بناء على دعوة من وزارة التعليم العالي، جمعا ممثلين عن القطاعات المعنية وأفضيا إلى توصيات تصبّ كلها في منحى دعم المدرسة، نذكر منها ضرورة تنظيم سنة رابعة للتكوين البيداغوجي.
- 1983-1984، فتح قسم العلوم الموسيقية.
- 30 نوفمبر 1989، مناقشة أول ماجستير في العلوم البيولوجية، وهو أول ماجستير نوقش للمدرسة بعد حصول المدرسة على رخصة فتح دراسة ما بعد التدرج 3 سنوات من قبل.
- 1987-1988، اعتماد مديرية الدراسات بالمدرسة المعالجة الإعلامية لقبول الطلبة، لتكون بذلك المدرسة أول مؤسسة جامعية أدخلت الإعلام الآلي.
- 1989-1990، توقف شبه الراتب سنة بصورة نهائية.

الخاتمة

حاولنا جهدنا في هذه العجالة أن نقف عند بعض المحطات التي بدت لنا مهمة في حقبة من تاريخ المدرسة العليا للأساتذة بالقبة القديمة. ولا ندعي الشمولية ولا تمام الدقة العلمية، وأتّى يكون لنا ذلك وقد أنجز هذا العمل في وقت قصير معتمدين فيه على ما حفظته الذاكرة، وعلى شهادات بعض من قدامى موظفي المدرسة الذين نشكركم على حسن تعاونهم رغم كبر سنهم، ومن أجل ذلك نعتذر عن كل قصور أو تقصير.

ولعل مما تجدر الإشارة إليه أننا لمسنا في مسعانا للحصول على بعض المعلومات كم هي ملحة حاجتنا إلى العناية بأرشيف مدرستنا ورقمته ونحسب أن ذلك بات ممكنا، بل ولعلّه يكون مبرمجا، وقد أدركت مدرستنا حالة من الاستقرار.

مرجع

[1] سعداني، محمد الطيب، التكوين التربوي والمهني لأساتذة العلوم في الجزائر، مراحل تطوره منذ الاستقلال وآفاق تجديده في مطلع الألفية الثالثة، رسالة المجلس الأعلى للتربية، عدد خاص أفريل 1999.



شخصية العدد

شخصية العدد

الأستاذ الدكتور مصطفى موالدي

عميد معهد التراث العلمي العربي بحلب سابقاً



ولد الأستاذ مصطفى موالدي بمدينة حلب السورية يوم 6 فبراير 1952. وقد تخرج من فرع الإحصاء بسورية عام 1975، وتحصل بعد ذلك على دبلوم الدراسات المعمقة (اختصاص: تاريخ العلوم) من جامعة السوربون الجديدة (معهد الدراسات العربية والإسلامية، قسم تاريخ العلوم) بباريس عام 1985. وكان موضوع مذكرته "المعادلات الجبرية الست وطريقة الخطأين". ثم أحرز على شهادة الدكتوراه (اختصاص: تاريخ الرياضيات عند العرب) من نفس الجامعة عام 1989. وكان موضوع الأطروحة (التي جاءت في 1558 صفحة) "جبر كمال الدين الفارسي- تحقيق نقدي وتحليل رياضي ودراسة تاريخية".

ومن أبرز الجوائز التي فاز بها الأستاذ مصطفى جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي للعام 2008، وذلك لإسهامه الكبير في التعريف بالتراث العلمي العربي والإسلامي.



مصطفى موالدي في حفل استلامه جائزة الكويت للتقدم العلمي (2008)

عمل مصطفى قبل حصوله على منحة دراسية (في الخارج) مع رئيس جامعة حلب خلال الفترة 1975-1976 وذلك في إطار إنجاز أبحاث تتعلق بالتخطيط للجامعة المذكورة. ثم التحق بمعهد التراث العلمي العربي بجامعة حلب عام 1976، ولا زال نشاطه متواصلاً فيه إلى اليوم. ومن المعلوم أنه تقلّد عديد المناصب بهذا المعهد حتى عام 2019. كما ساهم بباريس في أعمال مركز تاريخ العلوم والفلسفة العربية التابع للمركز القومي الفرنسي للبحث العلمي (CNRS) خلال الفترة 1983-1989.

وقد شرع في العمل في مجال التدريس كمعيد في مادة تاريخ الرياضيات العربية بمعهد التراث العلمي العربي عام 1980. وتدرّج في سلم التدريس بذات المعهد من رتبة أستاذ مساعد عام 1997 إلى رتبة أستاذ دكتور عام 2007. كما تولى منصب وكيل معهد التراث العلمي العربي للشؤون الإدارية والطلابية خلال الفترة 1991-1997. ثم شغل منصب رئيس قسم تاريخ العلوم الأساسية بالمعهد خلال 6 سنوات حيث امتد ذلك حتى 2013. وإثر ذلك صار عميداً للمعهد حيث أدار شؤونَه بكل تفران مدة 6 سنوات خلال عدة فترات امتدت إلى عام 2019.

ولم ينقطع الأستاذ مصطفى عن التعليم إذ نجده مدرّساً لعدة مقررات في معهد التراث لطلبة الدراسات العليا، مثل مقرر تاريخ الرياضيات، والفلك، والمنهج التاريخي، والمراجع والمخطوطات، والحيل (الميكانيك) والآلات، والصناعات الحربية (علم الحركة). كما دَرَسَ في كلية الهندسة الميكانيكية بجامعة حلب، والمعهد المتوسط للآليات الزراعية التابع لوزارة الصناعة.



معهد التراث العلمي العربي بحلب

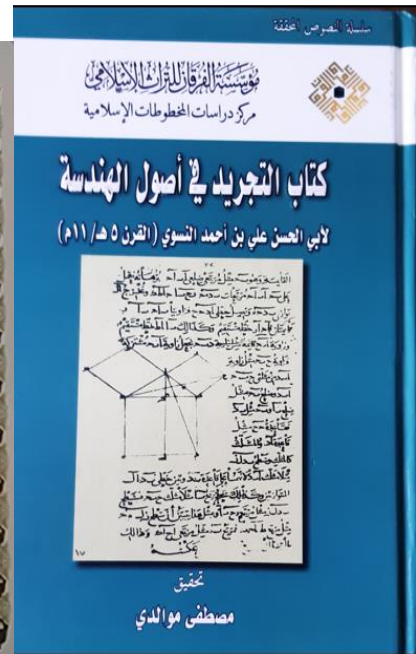
ولم يتوقف نشاط الدكتور مصطفى موالدي عند هذا الحدّ بل كان منخرطاً أيضاً في النشاط الجمعي، فهو يشغل منصب نائب رئيس الجمعية السورية لتاريخ العلوم منذ 2008 إلى اليوم. ومن نشاطاته الأخرى خارج مجال التدريس تحرير نشرة معهد التراث "رسالة معهد التراث العلمي العربي" خلال الفترة 1976-1983، ومن 1990 إلى يومنا هذا. وذلك فضلاً عن انتسابه لهيئة التحرير ورئاسة التحرير دوريات المعهد وغيرها في داخل سوريا وخارجها، نذكر منها: مجلة تاريخ العلوم العربية، مجلة عاديّات حلب، مجلة بحوث جامعة حلب، مجلة سهيل الإسبانية، مجلة الخطاب المصرية، مجلة تاريخ العلوم الإيرانية، المجلة العربية العلمية للفتيان بتونس، مجلة وميض الفكر للبحوث

اللبنانية، مجلة دراسات موصلية العراقية، ذاكرة العرب المصرية، مجلة المعارف للبحوث والدراسات التاريخية الجزائرية. وكان يشارك بقوة في تنظيم المؤتمرات والندوات التي يعقدها معهد التراث منذ إنشائه. كما نجده عضواً مراسلاً في الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم.

وبطبيعة الحال فلم يهمل الدكتور مصطفى باب التأليف في حقل اختصاصه حيث حقق ما لا يقل عن 9 كتب ومخطوطات علمية عربية، نذكر منها أساس القواعد في أصول الفوائد وكتاب البصائر في علم المناظر ورسالة الزاوية لكمال الدين الفارسي، وإرشاد الطلاب إلى وسيلة الحساب لسبط المارديني، وإرشاد العُجم لأعمال الجذور الصم للصوفي المصري. وكتاب التجريد في أصول الهندسة للنسوي.

كما نشر الأستاذ مصطفى موالدي بلغات مختلفة كمّاً كبيراً من المقالات والبحوث في المجالات الأكاديمية التي تُعنى بتاريخ العلوم إذ أصدر قرابة 200 بحث في تاريخ العلوم العربية الإسلامية بمختلف تخصصاتها (رياضيات، فلك، فيزياء، طب، تعمية، بيئة، ...). وينبغي ألا ننسى أيضاً باعه الطويل في نشر مقالات عديدة في الثقافة العلمية ذات الصلة بتاريخ العلوم عند العرب، علاوة عن مقالات تنصفها على شبكة الإنترنت.

وقد امتد نشاط مصطفى إلى الإسهام في تحرير أزيد من 20 مجلداً تضم وقائع المؤتمرات في تاريخ العلوم العربية، فضلاً عن مراجعة الكتب وتحرير 15 مدخلاً في الموسوعة العربية السورية ذات الصلة بتاريخ العلوم. وبالموازاة مع هذا العمل الدؤوب كان يشارك في مختلف المؤتمرات العربية والعالمية الخاصة بتاريخ العلوم في دول العالم. وكان أيضاً يشرف على رسائل ماجستير ودكتوراه في تاريخ العلوم العربية الإسلامية تجاوز عددها عشرين رسالة. لذلك كله اخترنا الدكتور مصطفى موالدي ليكون شخصية هذا العدد من بشائر العلوم لنستفيد من هذه التجربة الطويلة في حقل تاريخ العلوم العربية الإسلامية. وفي هذا الإطار تفضل بالإجابة عن أسئلتنا أدناه مشكوراً.



10 أسئلة يجيب عنها الأستاذ مصطفى موالدي عميد معهد التراث العلمي العربي بحلب (سورية) سابقاً

السؤال 1: تولّيت عمادة معهد التراث العلمي العربي بحلب خلال عدة فترات، هل لكم أن تحدثونا عن فكرة تأسيس هذا المعهد الفريد من نوعه في العالم العربي؟

مصطفى موالدي: أنشئ معهد التراث العلمي العربي بجامعة حلب عام 1976، وهو المعهد الأول المتخصص في دراسة تاريخ العلوم في الوطن العربي، الذي يهدف -بشكل رئيس- إلى تكوين كادر علمي متخصص في تاريخ العلوم العربية، يعمل على:

- دراسة آلية تطور العلم في الحضارة العربية في مجالات العلوم الأساسية والطبية والتطبيقية،
- إبراز إسهامات العلماء العرب ودورهم في بناء الحضارة الإنسانية،
- إعادة كتابة تاريخ العلم العربي بشكل موضوعي ومنهجي ومنطقي ومترابط،
- ترسيخ منجزات العلماء العرب في أذهان الناشئة وعقولهم كي تكون حافزاً للدرس والبحث،
- استيعاب العلم الحديث بشكل معمق وأكثر وضوحاً من خلال دراسة مراحل تطوره وفهمها جيداً،
- إظهار الصورة الحقيقية للإنسان العربي الذي أسهم إسهاماً فعالاً في بناء الحضارة الإنسانية في مختلف مجالاتها النظرية والعملية.

السؤال 2: كيف تقيّمون الإنتاج العلمي لهذا المعهد منذ إنشائه؟ وما هو صدى هذه الأعمال على المستوى العربي والعالمي؟

مصطفى موالدي: لقد حقّق المعهد إنجازات علمية عديدة، ومن أهمها:

أولاً- عقد الندوات والمؤتمرات والدورات والمحاضرات:

- 36 مؤتمراً سنوياً محلياً ووطنياً: في حلب (28 مرة)، والرقّة (مرتان)، ثم في اللاذقية، ودير الزور، وطرطوس، وإدلب، والسويداء، وحمص (بمعدل مرة واحدة في كلّ من هذه المدن).
- 9 ندوات دولية في سورية (حلب ودمشق)، والكويت، وإسبانيا، والإمارات العربية المتحدة (رأس الخيمة، والعين)، ومصر (مكتبة الإسكندرية). كما تمّ تنظيم عدة ندوات تخصصية داخل سورية وخارجها (إسبانيا، ألمانيا). وقد نشرت نتائج أبحاثها في كتب وبلغاتها الأصلية (العربية والإنكليزية والفرنسية).
- من المهم الإشارة إلى أن الدول والمدن المشار إليها استضافت مؤتمرات المعهد وندواته الدولية والتخصصية نظراً لمكانة معهد التراث العلمي العربي وسمعته العلمية العالمية. واشترك أساتذة المعهد في عشرات المؤتمرات والندوات الداخلية والخارجية. وتم ذلك على نفقة الدول المضيفة، مع تحملها لنفقات السفر في معظم الأحيان. كما نظّم المعهد مئات المحاضرات في تاريخ العلوم، وأقام الدورات التخصصية.

ثانياً- البحث:

قام أساتذة المعهد بإعداد مجموعة من الأبحاث والكتب، ونشروها في مجالات داخلية وخارجية، وفي مؤسسات علمية داخل سورية وخارجها وبلغات متعددة، وتُرجم بعضها إلى لغات عالمية منها: الإنكليزية والفرنسية والألمانية والتركية والروسية، وفي مواقع إلكترونية عالمية معتمدة علمياً. وفاز أحد أعضاء الهيئة التدريسية بإحدى أرقى الجوائز

العلمية العربية في عام 2008، وهي جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، وجرى تكريمه في مجلس التعليم العالي [هذا الأستاذ هو الدكتور مصطفى موالدي (التحرير)]. ومن جهة أخرى، استقطب المعهد العديد من الباحثين العالميين العرب والأجانب.

ثالثاً- الدراسات العليا:

- منح معهد التراث أول شهادة ماجستير في عام 1985. وقد منح حتى تاريخه 166 شهادة ماجستير في تاريخ العلوم الأساسية والطبية والتطبيقية وعلم الآثار. ومنح المعهد أول شهادة دكتوراه في عام 1990. وقد منح حتى تاريخه 67 شهادة دكتوراه في تاريخ العلوم الأساسية والطبية والتطبيقية وعلم الآثار. ومن جهة أخرى، حصل خمسة طلاب من خريجي معهد التراث على جوائز عربية ودولية نتيجة أبحاثهم في الماجستير والدكتوراه. وحصلت أبحاث أساتذة المعهد وطلابه المنشورة في "سلسلة تاريخ العلوم عند العرب" على أعلى معامل تأثير عربي بين باقي سلاسل "مجلة بحوث جامعة حلب".

رابعاً- النشر:

أ- الكتب: في مجال تاريخ العلوم: الأساسية (16 كتاباً باللغة العربية والإنكليزية)، والتطبيقية (10 كتب باللغة العربية والإنكليزية)، والطبية (10 كتب باللغة العربية والفرنسية).
ب- وقائع المؤتمرات والندوات: تم نشر عشرات الكتب التي تتضمن أبحاث المؤتمرات والندوات التي عقدها المعهد، كما نشر موسوعات وفهارس عامة (13 موسوعة وفهرساً).

ج- الدوريات:

1- مجلة تاريخ العلوم العربية: تتضمن مقالات وأبحاثاً باللغة العربية واللغات الأجنبية (الإنكليزية والفرنسية)، وتشرف على تحريرها لجنة عالمية من كبار المختصين في تاريخ العلوم عند العرب. ولقد اشترك في هذه المجلة أكثر الجامعات الأجنبية والعربية. وتمكن معهد التراث من إجراء عملية التبادل بين مجلته ومجلات عالمية تصدرها جامعات عربية وأجنبية. نشير إلى أنه صدر منها حتى الآن 15 مجلداً.
2- رسالة معهد التراث العلمي العربي: نشرة علمية إخبارية تصدر باللغتين العربية والإنكليزية، غايتها تسليط الضوء على نشاطات معهد التراث ونشاطات المعاهد الأخرى في العالم. وقد صدر منها 86 عدداً.
3- مجلة عاديّات حلب: تتناول الدراسات المتعلقة بالآثار والتراث العلمي العربي، وتركز على منجزات العرب في مجال تطوير الحضارة الإنسانية. وقد صدر منها 12 مجلداً.

خامساً- تأسيس مكتبة تخصصية:

أسس المعهد سبع مكتبات رئيسة تخصصية للكتب وللمؤلفات النادرة والدوريات العربية والأجنبية، وللمخطوطات الأصلية والمصورة، وللموسوعات والمعاجم والقواميس والفهارس العربية والأجنبية في تاريخ العلوم العربية.

سادساً- إنشاء متحف تاريخ العلوم:

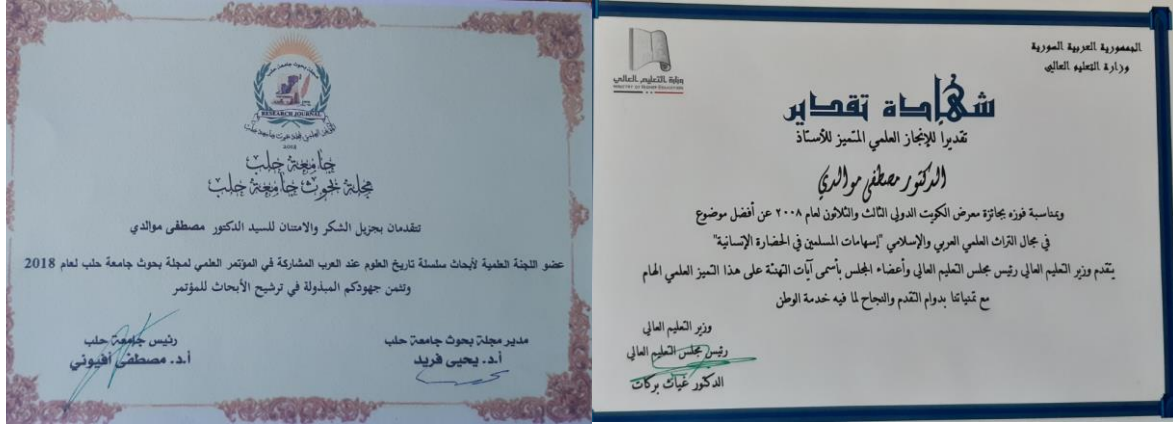
يمكن لهذا المتحف أن يكون في المستقبل متحفاً لجامعة حلب وطلابها إذا لقي الاهتمام والدعم اللازمين وإذا ما زوّد بما يحتاجه وما ينقصه من مواد وأدوات وأجهزة تراثية علمية.

سابعاً- علاقات المعهد الدولية:

كان ضرورياً للمعهد -لكي يتمكن من النهوض بأعباء الرسالة التي أنشئ من أجلها بشكل كامل- أن تتجاوز آفاقه الحدود المحلية لتأخذ بعداً دولياً. ومن هنا جاء اشتراكه في الاتحاد الدولي لتاريخ العلوم وفلسفتها، ومن ثم، عُقدت اتفاقية تعاون مع المركز الوطني للبحوث العلمية الفرنسية، وكذلك عقد معهد التراث اتفاقيات تعاون مع معهد

تاريخ العلوم والتكنولوجيا التابع لأكاديمية العلوم في روسيا، وجامعة برشلونة، ومعهد المخطوطات العربية بالقاهرة، والجمعية الآسيوية في باريس.

لقد وصلت شهرة معهد التراث العلمي العربي إلى جميع المراكز العلمية المهتمة بتاريخ العلوم العربية، وأصبح المعهد متميزاً باختصاصه، وذا سمعة دولية واسعة.



السؤال 3: المعهد يمنح شهادات الدكتوراه والماجستير في شتى مجالات تاريخ العلوم. ما هي شروط التسجيل في المعهد؟ وأين يتوجه الخريجون بعد حصولهم على شهادتهم؟

مصطفى موالدي: يقبل معهد التراث حملة الإجازات الجامعية العلمية فقط، وفق الجدول التالي:

القسم المختص	درجة الماجستير	شهادة الإجازة المطلوبة
تاريخ العلوم الأساسية	تاريخ العلوم الأساسية	- إجازة في العلوم بجميع فروعها. - إجازة في الهندسة (معلوماتية، ميكانيك، مدني، كهرباء، إلكترون، تقنية).
تاريخ العلوم التطبيقية	تاريخ العلوم التطبيقية	- إجازة في الهندسة بجميع فروعها. - إجازة في الهندسة الزراعية. - إجازة في الكيمياء التطبيقية.
تاريخ العلوم الطبية	تاريخ العلوم الطبية	- إجازة في الطب، طب الأسنان، الصيدلة، الطب البيطري.
التراث العمراني وعلوم الآثار	التراث العمراني وعلوم الآثار	- إجازة في الهندسة المعمارية، المدنية.

ويتابع الطالب في مرحلة الدكتوراه -بعد حصوله على الماجستير- في ذات الاختصاص وفي نفس القسم. وقد افتتح معهد التراث منذ سنتين شهادتين شهادات ماجستير تأهيل وتخصص بنفس شروط القبول.

يستطيع خريجو معهد التراث العلمي العربي القيام بوظائف عديدة منها:

أ. التدريس وبجدة لمقررات تاريخ الطب وتاريخ طب الأسنان وتاريخ الصيدلة وتاريخ العمارة، وتاريخ الرياضيات، وتاريخ الفيزياء، وذلك في كليات الجامعات الحكومية والخاصة التي تدرس تلك المقررات.

ب. تعيينهم أعضاء هيئة تدريسية في معهد التراث العلمي العربي.

ج. تكليفهم بوظيفة باحث أو مساعد باحث في معهد التراث العلمي العربي بموجب مرسوم اللائحة الداخلية رقم /2900/ تاريخ 1978/12/26. غير أن هذه المادة لم تُفعل لحد الآن.

د. تدريس مقرر تاريخ العلوم أو التاريخ العام في المدارس الثانوية.

هـ. خبير مكاتبات المخطوطات في سورية والدول العربية والأجنبية.

و. العمل في مراكز البحوث والجامعات والمعاهد العربية والأجنبية المهتمة بدراسة تاريخ العلوم (يُدْرَس حالياً أحد خريجي المعهد في إحدى الجامعات الأمريكية).

ز. العمل كباحث مستقل (نشر كتب ومقالات والمشاركة في المؤتمرات، ...).

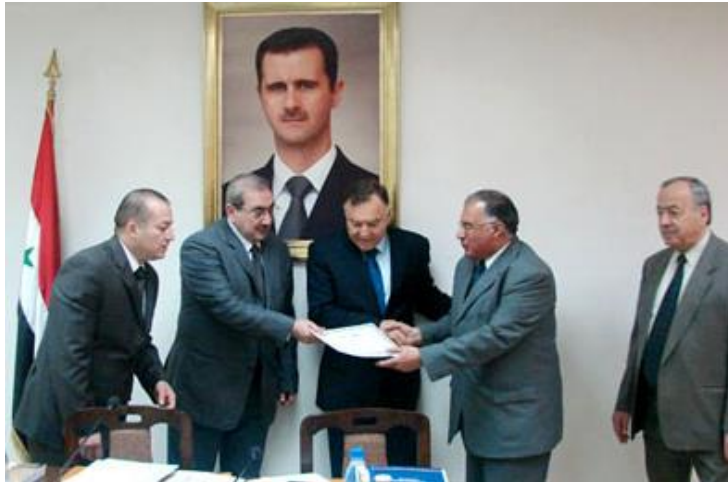
وفي هذا السياق، نشير إلى أن معهد التراث قد منح 166 شهادة ماجستير، و 67 شهادة دكتوراه فقط خلال 47 سنة، أي منذ إنشاء المعهد وحتى الآن، وهو عدد قليل جداً.

السؤال 4: من المعلوم في الدراسات التاريخية أن من أصعب مهام الباحث الحصول على المخطوطات التي لم تُدرس بعد، ثم القيام بتحقيقها. ما هي التسهيلات التي يقدمها المعهد للباحثين في هذا الباب؟

مصطفى موالدي: يمكن للباحثين في معهد التراث قراءة المخطوطات المصورة على جهاز القارئ -المتوفر في مكتبة المعهد. كما يضع المعهد مكتباته في خدمة الباحثين وأبحاثهم، ويمكن السعي لدى رئاسة الجامعة لمساعدة الباحثين من خارج سورية للإقامة في المدينة الجامعية وعلى نفقتهم الخاصة.

السؤال 5: أنتم مختصون في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، وكثير من الزملاء من مختلف التخصصات العلمية، يعتبرون أن دراسة تاريخ العلوم في متناول الجميع، ويذهب بعضهم إلى القول بأن الأمر لا يحتاج إلى الاختصاص. كيف تعقّبون على هؤلاء الأساتذة؟

مصطفى موالدي: نحتاج دراسة تاريخ العلوم الأساسية والطبية والتطبيقية لمختصين في تاريخ العلم، يحملون شهادات جامعية علمية (إجازة، ماجستير، دكتوراه)، في الموضوع العلمي الذي يدرسونه، كي يستوعبوا التطور العلمي بشكل دقيق منذ القدم وحتى العصر الحديث. من ثم يتمكنون من تحديد القفزات العلمية في كل مرحلة من مراحل التطور العلمي. ولا يستطيع غير المختصين العمل في حقل تاريخ العلوم بشكل علمي كما يفرضه المنطق العلمي السليم، ولا تتعدى أعمالهم عملية تكرار لما قاله غيرهم بدون تقييم علمي دقيق.



مجلس التعليم العالي السوري يكرم الأستاذ مصطفى موالدي

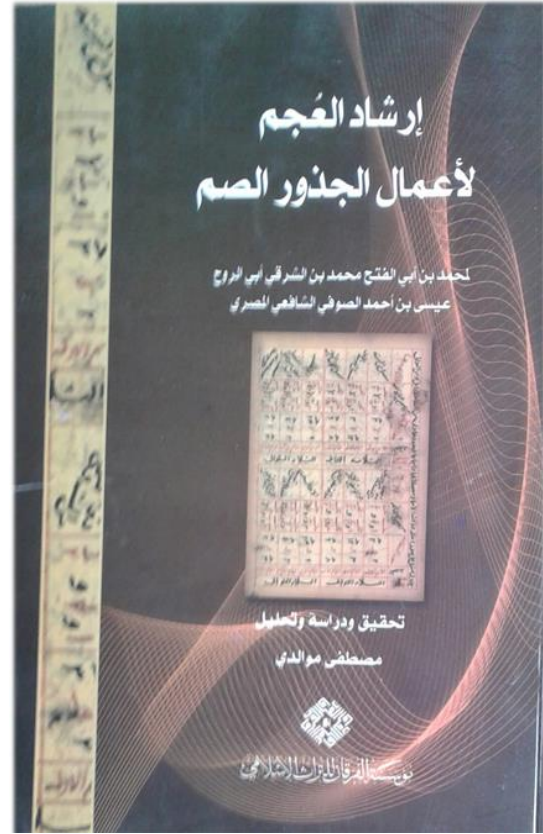
السؤال 6: خلال العقود الأخيرة، ظهرت "موجة" من الاهتمام بدراسة تاريخ العلوم عند العرب والمسلمين في الغرب والشرق. هل لكم أن تحدثونا عن أسباب هذه الظاهرة وعن تداعياتها في مجال تاريخ العلوم؟
مصطفى موالدي: أعتقد أن الأسباب هي:

- بداية فهم أهمية دراسة تاريخ العلوم وفلسفتها في دراسة تطور الفكر العلمي،
 - التطور العلمي بشكل متسارع، أهمية فهم آلية تطوره وفق أسس وتقييمات منطقية صحيحة،
 - ضرورة فهم تاريخ أي بحث علمي جديد لتجنب الأخطاء البحثية السابقة، وعدم التكرار،
 - أهمية تصحيح المغالطات الواردة في أبحاث تاريخ العلوم التي وردت في الموسوعات والكتب، والتي ارتكبت لأسباب وأهداف عديدة، وبخاصة المتعلقة بالعلوم العربية.
- نتمنى الكشف عن الإنجازات العلمية للحضارة العربية بشكل علمي وصحيح ومساهماتها في الحضارة الإنسانية، والتي ستساهم -بشكل ما- في التطور العلمي والحضاري في بلادنا العربية.



السؤال 7: كيف تقيّمون إسهام الغرب بعد منتصف القرن العشرين في التعريف بالتراث العربي الإسلامي؟
مصطفى موالدي: بدأ الغربيون الاهتمام بالتراث العربي قبل العرب بفترة طويلة جداً، ولم يهتم به العرب بشكل حقيقي قبل منتصف القرن العشرين الميلادي، وقدم الغرب إسهامات مهمة جداً -منها المنصف لحضارتنا ومنها غير المنصف- قبل منتصف القرن العشرين وبعده، لأنهم يعرفون جيداً أهمية دراسة تاريخ العلوم وفلسفتها.

السؤال 8: يعتبر مؤرخو العلوم في المغرب العربي الكبير أن هذه الرقعة من العالم العربي لم تنل حقها من البحث والتنقيب عن تراثها العلمي مقارنة بالمشرق والأندلس. هل تؤيدون هذا الرأي؟
مصطفى موالدي: مع الأسف: نعم، ولكن بجهودكم وجهود الباحثين الشباب سوف تسدّون هذه الثغرة، لأنه من الضروري دراسة جميع المخطوطات العلمية العربية سواء ألفها عالم مشرق أو مغربي.



السؤال 9: هل تستطيعون تقدير كمّ المخطوطات العلمية العربية في مختلف بقاع العالم التي لم يتم تحقيقها ودراستها بعد؟ وماذا عن كمّ الباحثين اللازم للقيام بتلك التحقيقات؟
مصطفى موالدي: آسف، لعدم إمكانية تقدير ذلك بشكل صحيح ودقيق، وهناك أرقام كثيرة، ولكن غير مقتنع بها، وذلك لأسباب عديدة، منها:
أ- هناك فرق كبير جدا في طريقة عدّ المخطوطات بين: عناوين مخطوطات وتُسَخِّها، لأنه يجب عدّ العناوين فقط.

ب- هناك مكتبات عديدة في العالم غير مفهومة.
ج- يجب التمييز بين المخطوطات العلمية (المتعلقة بالعلوم الأساسية والتطبيقية والطبية) والمخطوطات المتعلقة بالعلوم الأخرى (الأدبية والدينية، ...).
د- عدم وجود تنسيق فعلي-مع الأسف الشديد- بين المؤسسات التي تعمل في حقل التراث العربي.
ولذلك لا يمكن تقدير عدد المخطوطات وعدد الباحثين اللازم للقيام بتحقيقها.



السؤال 10: نترك لكم المجال للإدلاء بكلمة أخيرة تختارون موضوعها.

مصطفى موالدي: تقوم الحضارة على التقدم المعرفي في جميع المجالات المادية (الصناعية والزراعية، ...) والفكرية. وموضوع دراسة تاريخ العلوم بشكل عام من الموضوعات الفكرية الهامة التي تسهم بشكل ما في التطور الحضاري المعرفي. ولذلك علينا أولاً إقناع أصحاب القرار بأهمية دراسة تاريخ العلوم ورعايته وتبيان دوره في التقدم الحضاري، من خلال البحث والنشر والعمل الجاد بكل الوسائل العلمية المتاحة.



عرض الكتاب

عرض كتاب

رياضيات جديدة مستوحاة من التحديات الصناعية

Novel Mathematics Inspired by Industrial Challenges

تأليف: لفييف من الباحثين

تحت إشراف: مايكل غنتر Michael Günther وويل سشيلدرس Wil Schilders

عرض: أبو بكر خالد سعد الله

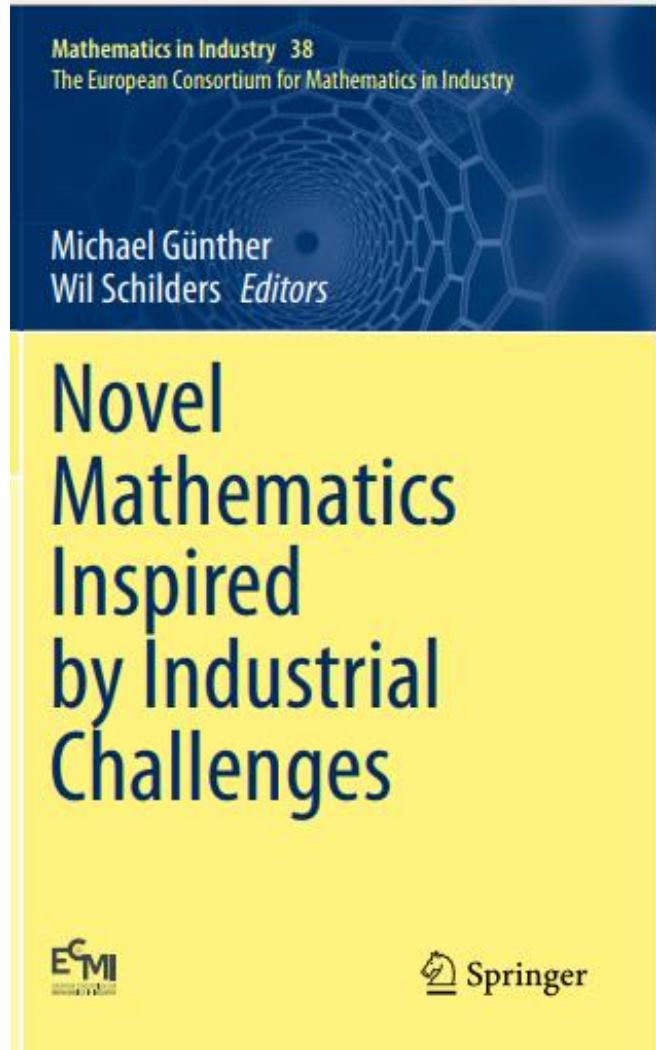
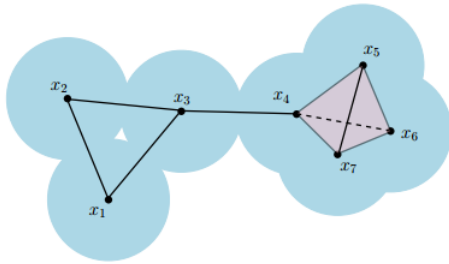
أستاذ بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

khaled.sadallah@g.ens-kouba.dz

Editors

Michael Günther
Applied Math. & Numerical Analysis
Bergische Universität Wuppertal
Wuppertal, Nordrhein-Westfalen
Germany

Wil Schilders
Mathematics
TU Eindhoven
Eindhoven, Noord-Brabant
The Netherlands



مقدمة

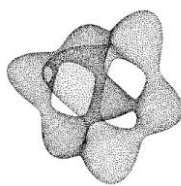
لا يختلف اثنان في أن الرياضيات ضرورية للابتكارات في المجال الصناعي وكذا في مختلف العلوم. ونلاحظ في كثير من البلدان المتقدمة وجود هذا الوعي؛ لتحفيز النشء على الاهتمام بالرياضيات يتم نشر كتب وقصص تشيد بدورها وتقام معارض تبرز مكانتها في التقدم العلمي. كما تنظم شتى البلدان بصفة دورية ملتقيات ومؤتمرات تدارس علاقة الرياضيات بمختلف فروع الصناعة. ومن تلك اللقاءات ما يعقد كل سنة، ومنها ما ينظم كل سنتين أو أربع سنوات فتظهر في كل مرة مجموعة متنوعة من تطبيقات الرياضيات في الصناعة والعلوم الأخرى.

ومع ذلك، يزعم البعض أن هذه النجاحات مبنية على الرياضيات المتداولة والمعروفة كلها قبل اليوم، وأنه لم يتم التوصل إلى رياضيات جديدة ترفع التحديات التي تطرحها الصناعة بشكل خاص. بل هناك اعتقاد بأن النظريات الرياضية الجديدة أنشأها علماء نظريون بارعون ولا فائدة ترجى منها في مجال التطبيق. وما يجعلنا نشكك في هذا الرأي هو أن عالم الرياضيات البريطاني الكبير غودفري هارولد هاردي Hardy (1877-1947) أتى بنتيجة باهرة في نظرية الأعداد البحتة خلال الأربعينيات من القرن الماضي، وقد أصبحت الآن أساس جميع خوارزميات التشفير المستخدمة في المعاملات المالية. والغريب أن هاردي نفسه لم يكن يحلم بهذا الإنجاز في الرياضيات التطبيقية، بل كان سيعتبر استخدام نتائجه في تطبيقات عملية كابوساً، فهو ميّالاً إلى التنظير في الرياضيات وابتعد عن تطبيقاتها.

يقع الكتاب الذي بين أيدينا في 348 صفحة، وهو صادر عام 2022 عن دار شبرينجر Springer، ويُعدّ الكتاب الـ 38 من سلسلة الكتب التي تُعنى بالرياضيات في الصناعة، وهي سلسلة يقف عليها "التجمع الأوروبي للرياضيات في الصناعة". أما المشرفان على هذا الكتاب فهما مايكل غنتر (من ألمانيا) وويل ششيلدرس (من هولندا) وشارك في تحرير مضمون الكتاب ما لا يقل عن 29 باحثاً -من مختلف البلدان الأوروبية وقليل منهم من القارتين الأمريكية والإفريقية- كل أدلى بدلوه في مجال اختصاصه. ويذكر المشرفان أن الهدف من هذا الكتاب هو إثبات أن الرياضيات تمثل للصناعة تحدياً بالغ الأهمية من حيث الفائدة المرجوة، فاحتكاك الرياضيات بالصناعة يؤدي إلى ظهور طرق ورؤى رياضية جديدة، بل تؤدي إلى ظهور فروع علمية مبتكرة في هذا العلم.

يقدم الكتاب طرقاً ونماذج تندرج ضمن التحديات التي تطرحها الصناعة. وتصف فصوله كيف عالج الباحثون تلك المواضيع وطوّروا طرقاً جديدة للتعمق في دراستها. وقد تم تقسيم المؤلف إلى جزأين، أحدهما يتناول التطبيقات في مختلف العلوم الهندسية والآخر خاص بتحليل البيانات والمالية. وتوضح جميع الفصول الواردة في هذا الكتاب أن المواضيع الصناعية تؤدي إلى تطوير معالجات رياضية مبتكرة تفتح الباب أمام مجالات جديدة للرياضيات لم تكن موجودة قبل اليوم.

قد يجوز القول إن الرياضيات التطبيقية في الصناعة، هي أكثر من أن تكون مجرد تطبيق للطرق الرياضية الحالية على المشكلات الصناعية. ففي كثير من الحالات، لا يؤدي تطبيق تلك الطرق إلى الحلول المنشودة، وبالتالي ينبغي تطوير الطرق المتبعة في الوقت الراهن من أجل مواجهة التحدي الصناعي بشكل فعال. وهكذا، فإن التفاعل بين الرياضيات والصناعة مفيد لكليهما: تستفيد الصناعة جراء حل مشاكلها العالقة، كما تستفيد الرياضيات من خلال تطوير طرقها ونظرياتها. لنتعرف الآن على فحوى القسمين.



1. القسم الأول: التطبيقات في العلوم والهندسة الحاسوبية

أصبحت العلوم والهندسة الحاسوبية مجال بحث مزدهر للغاية. ويُعدّ المهندسون من أهم مستخدمي البرامج الرياضية ومختلف أساليبها. ذلك أنها تطرح العديد من التحديات وتطرح جملة من الفرص لعلماء الرياضيات الهادفة إلى تكييف أساليب عملهم في مجال البحث، وكذا بناء أساليب جديدة تمامًا. من الواضح أن هذا الموضوع مفيد جدًا لتطوير الطرق والنظريات الرياضية.

دعونا، على سبيل المثال، ننظر في المعادلات التفاضلية العادية. خلال العقود القليلة الماضية ظهرت نظرية الطرق العددية العامة، ووصلت دراسة هذا النوع من المعادلات إلى مستوى كبير من النضج. وهذا النضج دفع إلى تطوير خوارزميات تخدم مجالات البحث المختلفة في التحليل العددي وعلم الفلك والديناميكيات الجزيئية والميكانيكا والفيزياء النظرية فضلًا عن مجالات أخرى في الرياضيات البحتة.

لقد حدث تحوّل مهمّ في وجهة معالجة هذا الموضوع حيث قلّ التركيز على التقريب العددي لحل مسألة معينة، وبدلاً من ذلك اتجه البحث نحو اعتبار الطريقة العددية كجملة ديناميكية تقدم تقريبات لتدفقات المعادلات التفاضلية. نشير إلى أن مفهوم التدفق أساسي لدراسة المعادلات التفاضلية العادية. فهو يمثل بشكل عام حركة مستمرة لنقاط عبر الزمن. ويساعد على نمذجة التحرك في الموائع. أما تعريفه الدقيق فهو يستخدم مفهوم الزمر. ويتيح النظر للمسائل من هذه الزاوية فهماً أفضل لموضوع الحفاظ، مثلاً، على التناظر، وقابلية الانعكاس، كما يسمح بالمضي في تعميمات متنوعة. لقد كانت هذه النظرة الجديدة إضافةً ثرية جداً في مجال الأساليب الرياضية المستخدمة في معالجة المعادلات التفاضلية وتطبيقاتها في المجال الصناعي.

وتركز الفصول في هذا القسم الأول على تطبيقات العلوم الهندسية المستوحاة من مختلف فروع الصناعة. يقول المشرفان على الكتاب أنه بمحض الصدفة تناولت معظم تلك الفصول صناعة الإلكترونيات. لكن هذا ليس غريباً إذ إن المشرفين على الكتاب كان لهما نشاط مكثف في هذا المجال. ثم إنه ينبغي ألا ننسى بأن صناعة الإلكترونيات لا تزال ذات أهمية بالغة في مسيرة تقدم البشرية خلال العقود الأخيرة. وبالتالي، لا نستغرب في أن يشعر العديد من الباحثين بالانجذاب إلى هذا الفرع من الصناعة.

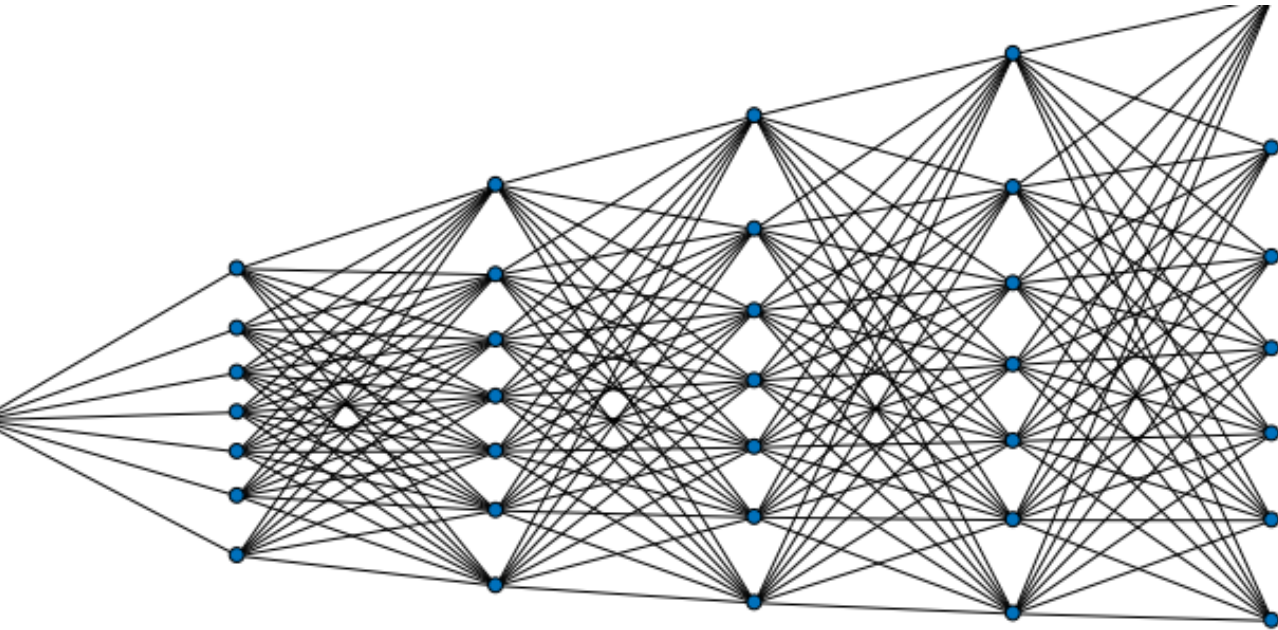
لاحظ الفصل الأول الحاجة في صناعة الإلكترونيات، لما يسمى بأساليب المتعددة المعدّلات multirate. وفي هذا السياق، اتضح مثلاً أن الدوائر الإلكترونية غالباً ما تحتوي على أجزاء غير عاملة (كامنة) وعلى أجزاء أخرى نشطة. ولذا فمن حيث المبدأ، يرى الباحثون أن استخدام نفس الفترات (الخطوات) الزمنية لكلا الجزأين سيكون فيه مضیعة للجهد الحسابي: يمكن أن يعمل الجزء الكامن بخطوات زمنية أطول، حتى يصبح هذا الجزء من الدائرة نشطاً مرة أخرى. هذه الملاحظة، أدت إلى ظهور طرق جديدة وإجراء الكثير من الأبحاث في هذا المجال. ومن الواضح أن الأساليب التي تم تطويرها في هذا السياق لا تنطبق فقط على الدوائر الإلكترونية. فالفصل يحتوي أيضاً على تطبيقات خارج مجال صناعة الإلكترونيات.

يتعرض الكتاب بعد ذلك إلى ما يسمى بطريقة تقليص رتب النماذج (model order reduction)، وهي تقنية للحد من التعقيدات الحسابية للنماذج الرياضية في المحاكاة العددية. ومن المعلوم أنها تقنية تؤدي دوراً بارزاً في التطبيقات، استفادت كثيراً من صناعة الإلكترونيات حيث رفع التصغير miniaturisation المستمر لأجهزة أشباه الموصلات العديد من التحديات في هذا المجال. كما يركز بحث آخر على ما يعرف في الرياضيات والفيزياء بمسائل الاستقرار التي كثيراً ما تواجه الباحثين عند حل جمل المعادلات الجبرية والتفاضلية. وقد أدى هذا الوضع إلى ظهور طرق جديدة لا تعاني من المشاكل المألوفة المرتبطة بالاستقرار.

وتولّى فريق رائد من الباحثين الإسبان الحديث حول النماذج الكهرومغناطيسية. والمسألة المطروحة هي تدقيق حل الحالة المستقرة لمشكلة كهرومغناطيسية: قد تستغرق هذه الحسابات عدة أيام. وكان لدى المهندسين الرغبة في أن يكونوا قادرين على الوصول إلى الحالة المستقرة بشكل أسرع. ولهذا الغرض تم تطوير الأساليب التي يمكنها بلوغ الهدف المنشود. يرسم الكتاب التطور التاريخي، وكذلك النتائج النهائية للبحث عن مثل هذه الأساليب الجديدة. في الوقت الراهن، تتم في كثير من الأحيان، مواجهة هذا النوع من التحديات الحسابية، ويمكن على الفور استخدام الأفكار التي يتضمنها هذا الفصل من الكتاب لتحقيق التسريع المطلوب.

وفي فصل آخر، نطلع على استعمال ما يعرف بالمعادلات التفاضلية الجزئية المتعددة المعدلات (MPDES) ذات النمط الزائدي. وقد تم تحليل هذا النوع من المسائل لإثبات مدى تعدد تطبيقاتها في مجالات متنوعة، وتم أيضا تقديم عديد الأمثلة.

وفي آخر هذا القسم قام فريق من الباحثين الإيطاليين بمناقشة طرق حسابية تعتمد على البيانات لمواجهة التحديات الصناعية. وتناول باحثون آخرون كيفية حدوث التفاعل بين التطبيقات والتقدم في الرياضيات. ونقطة البداية كانت ظاهرة غريبة لوحظت في العلوم الطبيعية -وهي زعزعة الاستقرار عن طريق التبدد dissipation وليس العكس. وكان حلّ هذه المسألة، التي تضمن حساب القيم الذاتية لجملة من المصفوفات، مصدراً للنظرية الرياضية الخاصة بالاستقرار البنيوي للمصفوفات. وقد تمخض عن هذه النتائج المهمة أنه في عدد كبير من المجالات، يمكننا الآن التنبؤ بهذا النوع من عدم الاستقرار، وتحديد خصائصه بدقة.



2. القسم الثاني: تحليل البيانات والمالية

خلال السنوات الأخيرة، شهدت جميع المجالات العلمية، وبصفة خاصة الاقتصاد، وحتى الحياة اليومية، تدفقا كبيرا في كميات البيانات. ذلك ما شدّ أنظار العلماء والصناعيين والمواطنين وسعوا جميعهم إلى استخراج أفضل المعلومات والمعارف من تلك البيانات. وهكذا، صارت المشاكل الصناعية اليوم تواجه كميات هائلة من البيانات. وتتمثل إحدى المهام الرئيسية للباحثين في استخلاص المعلومات المفيدة والتنقيب عنها. ذلك لأن من شأن تلك المعلومات أن تكشف عن الخصائص البنيوية لمثل هذه القضايا. ومن المعلوم أنه ينبغي تمثيل هذه البيانات ضمن نماذج تجمع بين

الحجج النظرية والمقاربات القائمة على البيانات. وعلى الرغم من أنه يُنظر لتحليل البيانات عادةً على أنه تخصص ناشئ في المعلوماتية، إلا أن الرياضيات الجديدة أدت دوراً كبيراً في تقدمه. نجد في هذا القسم أمثلة عن مساهمات التحليل الطوبولوجي للبيانات، والتحليل الدالي (functional analysis)، والتكميم، مع تطبيقات في أسواق المال والطاقة.

يتناول الفصل الأول من هذا القسم تحليل نمط البيانات الطوبولوجية. ويهدف هذا التحليل إلى استنتاج واستغلال البنى الطوبولوجية والهندسية المثيرة للاهتمام في بيانات معينة. ويدرك الباحثون أن وصف هذه البنى واستغلالها يُعدّ مشكلة صعبة تتطلب رياضيات جديدة ضرورية للتطبيقات الصناعية. ونقطة الانطلاق هي ملاحظة أن المتغيرات المستخدمة في تطبيقات سوق الطاقة -مثل السعر والطلب على الطاقة- تستند إلى معلومات معقدة للغاية بسبب الكم الهائل والتكرار الكبير للبيانات. لم تكن هذه المقاربة ناجحة في التنبؤ بالطلب على الطاقة والسعر فحسب، بل أيضاً في المجالات الأخرى من داخل البيئة الصناعية: فمراقبة الجودة والمراقبة البيئية والصيانة التنبؤية تندرج ضمن هذا الإطار.

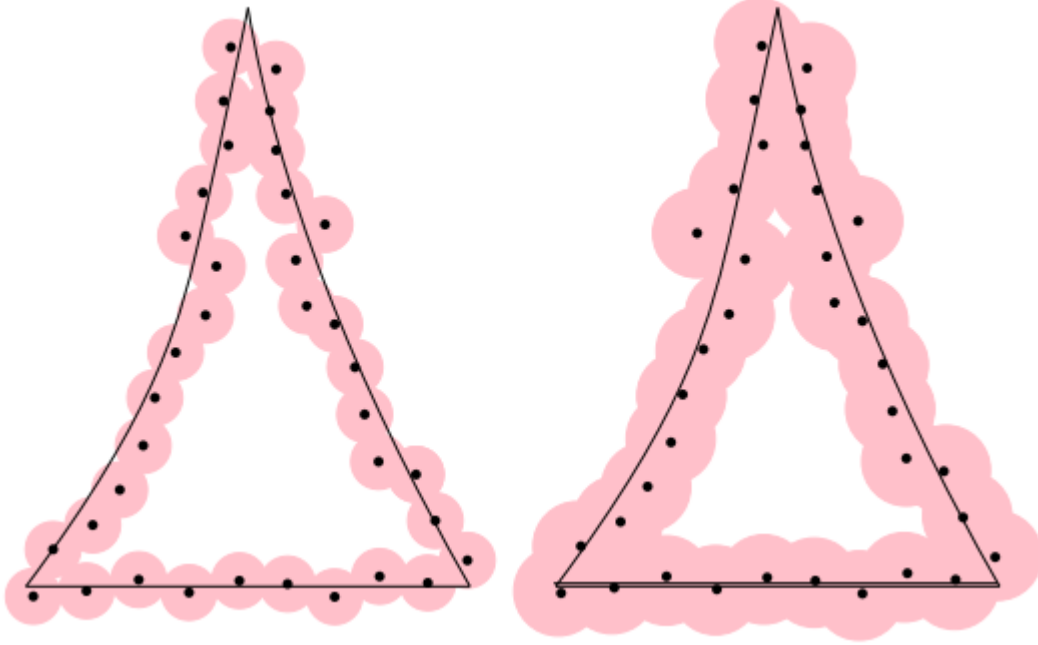
ويضرب المؤلفون مثلاً حول المسائل التي تعالجها الرياضيات في مجال الصناعة والطاقة: تُعدّ الطاقة، والكهرباء على وجه الخصوص، من أكثر الموارد التي تساهم في تنمية أي بلد وتساهم في راحة المواطن والمجتمع. لذا، فإن الوصول إلى مصادر الطاقة يمثل مشكلة كبيرة في جميع البلدان المتقدمة. ويرتبط هذا الوصول ارتباطاً وثيقاً بدراسة دقيقة لسعر الكهرباء. ومن الخصائص المهمة للكهرباء أنه لا يمكن تخزينها بسهولة بكميات كبيرة، وبالتالي، ففي كل لحظة يجب إنتاج ما هو مطلوب من المواطن!

يتحدد سعر الكهرباء، في معظم البلدان الغربية، بعد مفاوضات بين الموردين والموزعين ومختلف المتعاملين من خلال سوق منظم يضمن مبادئ معينة في التفاوض: يجب أن تكون العملية تنافسية وشفافة ويسهل الوصول إليها. ومن جهة أخرى، ينبغي أن تكون عملية تحديد سعر الكهرباء سريعة لتلبية متطلبات الوكلاء. وبطبيعة الحال، فإن المعلومات الرئيسية حول العرض والطلب وتلك المتعلقة بالتنبؤات الدقيقة لكميات الكهرباء الممكن توفيرها والتطور الأخير للأسعار كلها معلومات في بيانات ينبغي معالجتها بسرعة فائقة.

والواقع أن الكهرباء تُعتبر طاقة نظيفة فضلاً عن أنها تزيد من الكمية التي يمكن توليدها باستخدام الوسائل المتجددة (الشمس، والرياح، والمياه المتدفقة...) على الرغم من أن جزءاً مهماً من الطلب على الكهرباء يتم توفيره أيضاً باستخدام الوقود الأحفوري أو التفاعلات النووية. وفي هذا السياق، عندما تتعدد مصادر الطاقة ينخفض سعر الكهرباء لأن هذا النوع من التوليد له مزايا معينة. كما أن السعر قد يتأثر بمتغيرات الأرصاد الجوية. فعلى سبيل المثال، أسوأ سيناريو لتوفير الطاقة من خلال الرياح هو أن يكون اليوم هادئاً (دون هبوب رياح) خلال صيف حار. ومن ناحية أخرى، يتأثر الطلب على الكهرباء بشكل ملحوظ عند استخدام أجهزة التكييف والتبريد. لذا، فإن أحد الأهداف المهمة في صناعة الكهرباء هو التنبؤ بالكمية المطلوبة (والسعر) على المدى القصير. نلاحظ هنا أن مصطلح "المدى القصير" يشير في أغلب الأحيان إلى فترات تتراوح بين ساعة وسبعة أيام، بينما أصبح يشير مؤخراً إلى مدة 24 ساعة! ومن ثم ندرك المهام التي تقع على عاتق التطبيقات الرياضية لحل هذا النوع من المسائل والاستجابة السريعة لها.

ويوضح باحثون آخرون ضمن عمل مشترك أن بعض الأدوات الرياضية الكلاسيكية التي تم تطويرها بنجاح وتطبيقها على مجال معين من التطبيقات يمكن تعميمها وتطبيقها في مجالات مختلفة من خلال المزج، بشكل مبتكر، بين أدوات مادية وأفكار جديدة. مثال ذلك ما يعرف بالتكميم الشعاعي vector quantization، وهي طريقة تسمح بضغط البيانات، وتصحيحها.

نشير إلى أن استيعاب مضمون الكتاب وما فيه من معلومات يتطلب مستوى في الرياضيات غير بسيط. ومع ذلك حتى إن كان زاد القارئ من هذا الاختصاص زادا يسيرا فإن هناك الكثير من المعلومات المفيدة التي يستطيع أي قارئ الإلمام بها.



المشرفان على الكتاب



ويل سشيلدرس Wil Schilders



مايكل غنتر Michael Günther