

إسهامات في تطور التصنيف الدوري للعناصر الكيميائية

ريان سيد علي

أستاذ بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

sidali.rayane@g.ens-kouba.dz

المقدمة

إن لجدول التصنيف الدوري مكانة جوهريّة في المجال العلمي؛ فهو يكشف للكيميائيين الأسس المنظمة لعلم الكيمياء، وتعبّر بنيته عن البنية الإلكترونية للعناصر التي تعكس خواصها وسلوكياتها الكيميائية، كما يُستعان به في معرفة كيف ترتّب الذرات والجزيئات لتكوين المادة. لقد تطوّر الجدول عبر التاريخ إذ أُضيفت له العناصر المكتشفة حديثاً واختفت منه عناصر أخرى بالتعديل أو الحذف. ويعتبر الجدول مخزناً لتاريخ الكيمياء وأساساً لمستقبل العلوم الكيميائية، كما يعدّ مدوّنة مهمة للكيمياء. ساهم في وضعه وتطويره أكثر من 400 عالم بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، وتداول على كتابته ما لا يقلّ عن ألف شخص. سنتطرق باختصار لمساهمة بعض العلماء في وضع وتطور هذا الجدول خلال أهم المراحل التاريخية.

1. أرسطو وفلاسفة الإغريق (330 ق.م)

أدرك فلاسفة الإغريق القدماء أربعة عناصر: التراب والماء والهواء والنار [1]. كان بعض أولئك الفلاسفة يعتقدون أن هذه العناصر الأربعة تتكوّن من مكونات مجهرية لها أشكال مختلفة، وأن هذا يفسّر الخواص المختلفة لها. كان من المعتقد أن الأشكال الأساسية للعناصر الأربعة هي أشكال المجسمات الأفلاطونية المكوّنة بالكامل من نفس الأشكال ذات البُعدين مثل المثلثات أو المربعات.

اعتقد الإغريق أن التراب يتكوّن من دقائق مجهرية مكعّبة، تكتسب وجوهه أكبر مساحة سطحية من بين المجسمات الأخرى. وفسروا سيولة الماء بأن دقائقه تتخذ الشكل العشري السطوح، ممّا يجعلها أكثر نعومةً. وزعموا أن النار تحرق من يلمسها وتؤلمه لأنها تتكوّن من دقائق حادة رباعية السطوح. أما الهواء فيتكوّن من دقائق ثمانية السطوح باعتباره الجسم الأفلاطوني المتبقي الوحيد. بعدما اكتشف علماء الرياضيات مجسمًا أفلاطونيًا خامسًا، وهو الشكل الإثنا عشري السطوح، افترض أرسطو Aristotélēs وجود عنصر خامس، أو ما يُسمّى الجوهر الخامس الذي صار يُعرف أيضًا بالأيثير.

تُعتبر الفكرة القائلة بأن العناصر تتكوّن من مجسمات أفلاطونية تصورا بديلا، ولكنها كانت أصل الفكرة المثيرة القائلة: "إن الخواص العيانية للمواد ترتّب على تراكيب المكونات المجهرية التي تتألّف منها". وقد استمر هذا الاعتقاد خلال العصور الوسطى وبعدها.

2. لافوازييه (1789م)

رأى [أنطوان لافوازييه](#) Antoine Lavoisier أن العنصر يُكشف بالملاحظة التجريبية، مستبعدًا فكرة العناصر المجردة. وأكّد على أن العنصر يجب تحديده كشيء مادي، ثم تحليله بعد ذلك إلى مكونات أكثر أساسية [1]. وفي عام 1789 نشر قائمة تضم 33 مادة بسيطة، أو ما يُسمّى العناصر، تبعًا لهذا المفهوم التجريبي. وقد حذف التراب والماء

والهواء والنار من قائمة العناصر. يمكن اعتماد الكثير من المواد التي في قائمة لافوازييه كعناصر بناءً على المواصفات الحديثة. واقترح بعض المواد تبين أنها لا تُعدّ عناصر مثل الضوء والكالوريك (عنصر الحرارة).

3. دالتون (1805م)

وُلد العالم البريطاني [جون دالتون](#) John Dalton في 1766 وتوفي في 1844. وحصل على الوسام الذهبي من الحكومة البريطانية في 1826 تقديراً لاكتشافاته في الكيمياء والفيزياء. وطوّر ما أصبح يُعرف بالنظرية الذرية الحديثة حيث افترض أن المكونات الهائية لجميع المواد كرات مجهرية صلبة، هي الذرات [2]. تعمّق في أبحاثه علماء آخرون مثل نيوتن، وبير غاسندي Pierre Gassendi، ورودر بوسكوفتش Ruđer Bošković، وجونس برزليوس Jöns Berzelius.

قدّر دالتون الأوزان الذرية استناداً إلى نتائج التحليل الكيميائي للمواد التي توصل إليها آخرون وإلى تصوره لنموذج تركيب المادة من ذرات. مثّل الذرات وبعض المواد المركبة (سمّاها الذرات المركّبة) برموز، هي دوائرها ألوان ورموز وحروف مختلفة. وقد افترض دالتون أن الماء مكوّن من ذرة من كل من عنصري الأكسجين والهيدروجين. واعتبر أن وزن الهيدروجين وحدة واحدة. في أول جدول صدر سنة 1803، كانت قيمة الوزن الذري للأكسجين 5.66 وللهدروجين 1 استناداً إلى نتائج تحليل لافوازييه للمكونات: 85% أكسجين و15% هيدروجين. وتكون النسبة بين الأوزان التي يتحد فيها الهيدروجين والأكسجين معا مساوية 85/15 = 5.66 أي واحد إلى 5.66. وقدّرعلى نحو مماثل أوزان عدد من الذرات البسيطة والذرات المركبة أي الجزيئات كما نسميها اليوم.

أثارت اكتشافات دالتون تأييداً من ابن بلده توماس طومسون Thomas Thompson والسويدي برزليوس والفرنسي جون باتيست أندريه دوما Jean Baptiste André Dumas. وعارضها كل من الإيطالي أميديو أفوغادرو Amedeo Avogadro والفرنسي أندريه ماري أمبير André-Marie Ampère. حدث تدقيق تجريبي في حساب تركيب عدد من المواد أدى إلى تصحيح الوزن الذري للأكسجين إلى 8 وصحّحه الإيطالي ستانيسلاو كانيزارو Stanislao Cannizzaro إلى 16 بعد ما افترض أفوغادرو تكوين الغازات من ذرتين مرتبطتين معا تدعى الجزيئات، وأن جزيء الماء يتكون من ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأكسجين (H₂O) خلافاً لصيغة دالتون (HO) كما سبق.

4. فرضية براوت (1815م)

بعد مرور بضع سنوات من بدء دالتون وآخرين نشرَ قوائم الأوزان الذرية، لاحظَ فيزيائي أسكتلندي يُدعى [ويليام براوت](#) William Prout (1850-1785) شيئاً يثير الاهتمام بعض الشيء: أن الكثير من الأوزان الذرية التي حدّدها العلماء للعناصر تبدو كمضاعفات بأعداد صحيحة لوزن ذرة الهيدروجين [1]. كان استنتاجه بديهياً إلى حدّ ما، وهو ربما جميع الذرات تتكوّن ببساطة من ذرات من الهيدروجين. لو قبلنا هذا الاعتقاد لافترضنا أن مكونات المادة على المطلق أساسها عنصر الهيدروجين، وهي فكرة كانت تدور في مخيلة الكثيرين منذ فجر الفلسفة الإغريقية، وطفّت على السطح مرات ومرات في صور مختلفة. لكن قيم عدد من الأوزان الذرية التي نشرت لم تكن مضاعفات دقيقة لوزن ذرة الهيدروجين، ومنه افترض ويليام براوت أن السبب يكمن في أن أوزان هذه الذرات لم تقدّر بدقة. حفّزت فرضية براوت الباحثين لإعادة تقدير الأوزان الذرية بمزيد من الدقة. وأوحّت قياسات الأوزان الذرية الأكثر دقة بأن الذرات بصفة عامة ليست مضاعفات من ذرات الهيدروجين. كان الإجماع الأوّلي للعلماء في البداية أن فرضية براوت غير صحيحة، ومع ذلك كان لنتائجها دور محوري في اكتشاف الجدول الدوري وتطويره.

5. دوبرينير (1817)

ولد الكيميائي الألماني **يوهان دوبرينير** Johann Döbereiner في 1780 وتوفي في 1849. اشتهرت أعماله في الكيمياء والصيدلة. وضع قانون الثلاثيات وتنبأ بالقانون الدوري. اكتشف مبدأً عاماً جديداً، كان إسهاماً كذلك في سياق الحاجة لمزيد من الدقة في قياس الأوزان الذرية، ومن ثمَّ مهَّد الطريقَ لاكتشاف الجدول الدوري. بدءاً من 1817 اكتشف وجود مجموعات مختلفة من العناصر مكونة من ثلاثة عناصر، يكون فيها لأحد العناصر خواص كيميائية ووزن ذري مساوية تقريباً متوسط ما للعنصرين الآخرين. وصارت المجموعات تُعرَّف بالثلاثيات. فعلى سبيل المثال: الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم كلها فلزات تميل لليونة، ولونها رمادي، وكثافتها منخفضة. وسرعة تفاعل الليثيوم والماء بطيئة، وسرعة تفاعل البوتاسيوم والماء كبيرة، بينما تكون سرعة تفاعل الصوديوم والماء متوسطة. والوزن الذري للصوديوم (23) يكون وسطاً بين الوزن الذري للليثيوم (7) وللبوتاسيوم (39). كان هذا الاكتشاف مهماً لأنه أعطى أول تلميح لوجود انتظام عددي يكمن في جوهر العلاقة بين الطبيعة وخواص العناصر، وأوحى بوجود نظام رياضي يحكم كيفية الارتباط بين العناصر كيميائياً. توجد ثلاثية أساسية أخرى تتكوَّن من ثلاثة عناصر هالوجينية: الكلور والبروم واليود، ولكن يوهان دوبرينير لم يحاول أن يربط بين خصائص هذه الثلاثيات المختلفة معاً بأي طريقة. نعرض خمس ثلاثيات كالتالي:

- الكلور (35.5)، البروم (80)، اليود (127)؛
- الكالسيوم (40)، السترونتيوم (87)، الباريوم (137)؛
- الليثيوم (7)، الصوديوم (23)، البوتاسيوم (39)؛
- الكبريت (32)، السيلينيوم (78)، التيلوريوم (128)؛
- الفوسفور (31)، الزرنيخ (75)، الإثمد (121).

6. شانكورتوا (1862)

ولد العالم الجيولوجي الفرنسي **ألكسندر-إميل بغوييه دي شانكورتوا** Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois في 1820 وتوفي في 1886. قدَّم له نابليون الثالث وسام الشرف تكريماً لأبحاثه في المناجم والسلامة ضد الألغام والغازات. وقد اكتشف أول نظام دوري للعناصر. رتَّب 58 عنصراً في لولب حلزوني حسب تزايد أوزانها الذرية في مخطط منقوش على أسطوانة نشره في 7 أبريل 1862.

يبدو أن دي شانكورتوا خطا أهم خطوة في اكتشاف الجدول الدوري، وأدرك أن الخصائص الكيميائية للعناصر دالة دورية لأوزانها الذرية قبل دمترى مندليف Dmitri Mendeleïev بسبع سنوات. قسَّم القاعدة الدائرية للأسطوانة إلى ستة عشر قسماً متساوياً. يُرسم اللولب مائلاً بزاوية مقدارها 45° على المحور العمودي وتقسّم أسنان اللولب عند كل التفافة إلى ستة عشر قسماً. وهكذا تقع النقطة السابعة عشرة على السنِّ فوق الأولى مباشرة، وتقع الثامنة عشر فوق الثانية، وهكذا دواليك.

ونتيجة لهذا التمثيل تصبح العناصر التي تختلف أعدادها المميزة بمقدار ستة عشرة وحدة مرتبة في أعمدة. فعلى سبيل المثال، يظهر الصوديوم الذي يبلغ وزنه 23 في لفة كاملة فوق الليثيوم الذي مُنح القيمة سبعة. ويحتوي العمود الثاني على عناصر المغنيزيوم والكالسيوم والحديد والسترونتيوم واليورانيوم والباريوم. تنتهي الدورة الأولى للولب الحلزوني بعنصر الأكسجين.

يمكن أن تشاهد العلاقات الدورية أو المجموعات الكيميائية في نظام دي شانكورتوا بالتحرك عمودياً إلى أسفل على طول سطح الأسطوانة. وتحديث الدورة الثانية، وهي أيضاً في منتصف الطريق إلى أسفل الأسطوانة عند

التيلوريوم. لم يحظَ هذا البحث بالانتشار الواسع بين علماء الكيمياء في العالم، وبقي مجهولاً حتى في مجتمع الكيميائيين الفرنسيين في تلك الآونة. وعليه يمكن القول إن الاكتشاف لم يُلاحظ لأنه سبق أفكار علماء عايشو فترة شانكورتوا.

7. نيولاندز (1864)

ولد الكيميائي الإنجليزي [جون نيولاندز](#) John Newlands في 1837 وتوفي في 1898. واشتهر في صناعة السكر، وهو أحد أعضاء جمعية لندن للكيمياء. تطوع للحرب الثورية في توحيد إيطاليا لفترة قصيرة نظراً لأصوله الإيطالية. نال قلادة ديفي من قبل جمعية الملكية بلندن في عام 1887 لاكتشافاته في الكيمياء [7]. يُعتبر نيولاندز واضع جدول العناصر على أساس خصائصها الفيزيائية؛ وتوصل عام 1864 إلى ما يُعرف بقانون الثمانيات [3]. ورتب 62 عنصراً معروفاً مستعيناً بقيم الأوزان الذرية المفضلة لدى شارل غيرهارت Charles Gerhardt، والذي كان قد بدأ بمراجعة الأوزان الذرية الحديثة الصادرة في أعقاب مؤتمر كارلسروهه Karlsruhe في 1860.

وفي 1865 طوّر نيولاندز نظاماً آخر، واستخدم فيه أعداداً ترتيبية بدلاً من قيم الأوزان الحقيقية والذي وصل إلى حدّ تشبيهه دورة العناصر بالثمانيات (الأوكتافات) الموسيقية حيث تُعرض النغمات تكراراً على فترة من ثماني نغمات. ولم يتضح من التشبيه السابق ما إذا كان نيولاندز يقصد الإيحاء بوجود علاقة بين الكيمياء والموسيقى. إن هذا النظام الدوري الذي يمثل أول إعلان واضح عن قانون جديد لطبيعة تكرار خواص العناصر بعد فترات معيّنة تعرّض لسخرية الكيميائيين عندما قدّمه نيولاندز في اجتماع جمعية لندن للكيمياء ومنعوه من نشره في مجلة تابعة للجمعية، لكنه نشره في دورية Chemical News الشهيرة في وقته.

8. أدلنغ (1864)

ولد الكيميائي الإنجليزي [ويليام أدلنغ](#) William Odling في 1829 وتوفي في 1921. شغل عديد المناصب منها: محاضر في كلية الطب تابعة لمستشفى سانت برثولوميو بلندن، ومدير المعهد الملكي في لندن ومديراً لجمعية لندن للكيمياء، وأستاذ في جامعة أوكسفورد. برز أدلنغ كواحد من مكتشفي النظام الدوري البارزين في تاريخ الكيمياء. حضر أدلنغ مؤتمر كارلسروهه، وقدّم محاضرة عن الحاجة إلى اعتماد نظام موحد للأوزان الذرية. أجرى أولى محاولاته لوضع النظام الدوري مستعيناً بقيم الأوزان الذرية لكانيزارو والتي اقترحها بعد تصحيح الأوزان الذرية الذي وضعها جون دالتون كما تقدّم في أعقاب اجتماع كارلسروهه [4].

أصبح أدلنغ من أبرز مناصري آراء كانيزارو وأفوغادرو وكان له السبق في إدراك أهمية قيم الأوزان الذرية الجديدة في تصنيف العناصر. وظهرت مقالته الرئيسية عن النظام الدوري في 1864 عندما كان معلماً للكيمياء في مستشفى سانت برثولوميو St Bartholomew's Hospital في لندن. ظهر جدول نيولاندز في السنة ذاتها وأدرج 62 عنصراً بينما أدرج أدلنغ 57 عنصراً فقط. وقد ظهر بحث أدلنغ قبل إعلان نيولاندز عن الدورة الكيميائية أمام جمعية لندن الكيميائية. بدأ بحثه كما يلي: "عند ترتيب الأوزان الذرية أو الأعداد النسبية للعناصر الستين أو نحو ذلك المعروفة وفقاً للمقادير المتنوعة، نلاحظ استمرارية جلية في السلاسل الحسابية الناتجة". وأضاف: "إن السهولة التي ينسجم فيها هذا التسلسل الحسابي الصرف مع الترتيب الأفقي لمجموعاتها العادية تظهر في الجدول التالي، حيث التوالي العددي في الأعمدة الثلاثة الأولى تام، في حين توجد في الأعمدة الأخرى استثناءات قليلة".

9. هنريكس (1867)

ولد الكيميائي والفيلسوف الألماني-الأمريكي [غوستافوس هنريكس](#) Gustavus Hinrichs في 1836 وتوفي في 1923. شغل عدة مناصب منها، أستاذ في جامعة أيوا الأمريكية للفلسفة الطبيعية والكيمياء واللغات الحديثة. أنشأ أول محطة أمريكية للأرصاد الجوي في 1875م وترأسها 14 سنة. نشر 3000 مقالة بعدة لغات: الدنماركية والفرنسية والألمانية والإنجليزية.

يُعتبر من أبرز المكتشفين لقوانين الدورية كأساس للجدول الدوري للعناصر. لم يتردد غوستافوس في ربط الأطياف بذرات العناصر عند اكتشاف العالمين الألمانين كيرشهوف وروبرت بنسن أن كل عنصر يصدر ضوءاً يمكن تفريقه باستخدام منشور زجاجي وتحليله كميًا، مما يدل على أن كل عنصر يعطي طيفاً فريداً يتكون من مجموعة محدّدة من الخطوط.

كان متأثراً بفكرة فيثاغورس الرابطة بين الكواكب والنزّات، فعمل على تصنيف العناصر في مخطط حلزوني سنة 1867 في كتاب Programme der Atommechanik. وفي مقالة نشرت في مجلة The Pharmacist في 1869، بحث غوستافوس المحاولات السابقة غير الناجحة لتصنيف العناصر لكنه لم يذكر أيّاً من مشاركته في الاكتشاف مثل شانكورنوا، أونبولندز، أومندليف. بل يبدو أن غوستافوس تعمّد تجاهل كل المحاولات الأخرى لإسناد تصنيف العناصر إلى الأوزان الذرية مباشرة.

10. ماير (1864)

ولد الكيميائي والطبيب الألماني [يوليوس ماير](#) Julius Meyer في 1830 وتوفي في 1895. تحصل على دكتوراه في الطب من جامعة فورتنسبورغ في سنة 1855، وفي 1858 تحصل على دكتوراه في الكيمياء من نفس الجامعة، وعمل مدرسا ومديرا لجامعة توبنغن Tübingen. في عام 1882 تحصل مع دمترى مندليف على قلادة ديفي Davy من قبل جمعية الملكية بلندن لاكتشافهما العلاقات الدورية بين الأوزان الذرية وبناء نظام دوري للعناصر [6]. يُعتبر ماير من الأوائل الذين ساهموا في بناء المنظومة الدورية للعناصر.

تعرف ماير على عمل كانيزارو الخاص بالأوزان الذرية للعناصر وتأثر جدا بأفكاره. فسارع إلى كتابة أول مخطوطة في 1862 (نشرت في سنة 1864) [7]. أنتج جدولا من ثمانية وعشرين عنصرا مرتباً وفقاً لتزايد الوزن الذري. يبين الجدول وجود علاقات أفقية واضحة بين العناصر، وسبق فيها مندليف. ويظهر في جدول ماير لسنة 1864 بوضوح للمرة الأولى تباين منتظم في تكافؤ العناصر من 4 إلى 1 عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الجدول. يوحي الجدول أن ماير بذل جهداً كبيراً لترتيب العناصر تبعاً للوزن الذري بالإضافة إلى الخواص الكيميائية. ويبدو أنه جعل الأسبقية للخواص الكيميائية للترتيب في بعض الحالات. ومن الأمثلة على ذلك تصنيف التيليريوم مع عناصر مثل الأكسجين والكبريت، في حين صنّف اليود مع الهالوجينات على الرغم من انخفاض وزنه الذري. وأظهر ماير وجود العديد من الفجوات التي تشير إلى عناصر مجهولة.

وفي عام 1868 أصدر منظومة دورية موسّعة للطبعة الثانية لكتابه الدراسي الذي احتوى على ثلاثة وخمسين عنصراً معروفاً. ومما يُؤسف له أن هذا الجدول لم يضعه الناشر في موضعه المطلوب، فلم يظهر في الطبعة الجديدة من كتابه ولا في أي من مقالات الدوريات، وبذلك لم ينتشر في الوسط العلمي والعالمي.

11. مندليف (1869)

ولد الروسي دمتري مندليف Dmitri Mendeleïev في 1834 وتوفي في 1907. كان من أشهر علماء الكيمياء في زمانه، لُقِّب بأبي الجدول الدوري. درّس الكيمياء في جامعة سانت بطرسبرغ [8]، وشغل ابتداءً من 1892 منصب مدير لديوان الأوزان والقياسات في سانت بطرسبرغ حتى وفاته. كُرِّمَ بعدد الجوائز أهمها وسام ديفي كما تقدّم. فهو لم يكتشف المنظومة الدورية فحسب بل أدرك أيضًا أن تلك المنظومة تشير إلى قانون عميق للطبيعة هو القانون الدوري. أمضى العديد من السنين محاولًا استنتاج ما يترتب عن هذا القانون بشكل كامل، ومنه التنبؤ بوجود عناصر غير مكتشفة ومعرفة خواصها. وصحّح الأوزان الذرية لبعض العناصر المعروفة بالفعل، ونجح في تغيير مواضع بعض العناصر الأخرى في الجدول الدوري.

أنشأ في مسيرته بدايةً من 1869 عدة جداول أشهرها جدول 1869، صحّحه في السنة ذاتها ونشره في 1872 [9]، وذلك يُعدُّ ميلادًا للجدول الدوري الحديث. زار مندليف في عام 1860 صديقه جوستاف كيرشوف في ألمانيا للعمل في مجال الأطياف، ولم يفوّت فرصة حضور مؤتمر كارلسروهه. وعلى الرغم من أن مندليف سرعان ما أدرك قيمة أفكار كانيزارو فيبيدو أن استخدامه للأوزان الذرية استغرق وقتًا أطول ممّا فعل ماير.

كان الاكتشاف الفعلي في يوم 18 فيفري 1869 عندما استيقظ من نومه وألغى رحلته المقررة لزيارة مصنع للجنين بعدما رأى حلما قال عنه في مذكراته: "رأيت في المنام جدولًا تساقطت فيه جميع العناصر في مكانها كما هو مطلوب. ولما استيقظت وعلى الفور كتبت على قطعة من الورق، وكان من ضروري تصحيحه في وقت لاحق". وصمّم على العمل جديًا للتوصُّل إلى ما صار أشهر أعماله. وقد كتب أولًا قائمةً برموز ثمانية عناصر، رتّبها في صفين على النحو التالي:

ثم كتب مجموعة، أكبر قليلًا، تتألف من 16 عنصر كما يلي:

Na	K	Rb	Cs
Be	Mg	Zn	Cd

F	Cl	Br	I		
Na	K	Rb	Cs	Cu	Ag
Mg	Ca	Sr	Ba	Zn	Cd

وبحلول مساء نفس اليوم، كان مندليف قد كتب مسودّةً شملت جدولًا دوريًا بكامله، تضمّن 63 عنصرًا معروفًا. وفضلاً عن هذا تضمّن العديد من المواضيع الشاغرة لعناصر لم تكن قد عُرفت بعد، وتنبأ بقيم أوزان ذراتها. طُبعت مائتا نسخة من هذا الجدول الأول وأُرسلت إلى الكيميائيين في أنحاء أوروبا. وفي يوم 6 مارس من العام ذاته أعلن عن هذا الاكتشاف أحد زملاء مندليف في اجتماع الجمعية الكيميائية الروسية. وفي غضون شهر واحد نُشرت عنه مقالة في مجلة هذه الجمعية كانت حديثة التأسيس، ثم أعيد نشرها في مجلة ألمانية شهيرة (Angewandte Chemie).

توقعات مندليف

من أعظم انتصارات مندليف التنبؤ بوجود العديد من العناصر غير المكتشفة. كما عدّل أوزان ذرات بعض العناصر، وغيّر أماكن عناصر ونقلها إلى مواقع جديدة في الجدول الدوري، وذلك يرجع ربما لفهمه العميق لطبيعة

العناصر واستغلاله لنظرية يوهان دوبرينير. على الرغم من أن مندليف منح الأوزان الذرية للعناصر الأهمية العظمى، فإنه نظر أيضا في الخواص الفيزيائية والتشابهات العائلية فيما بينها، فقد سبق منافسه ماير الذي وضع جدولته في سنة 1872 بوضع أماكن فارغة لتنبؤاته. ومن المعايير الأخرى التي أخذ بها أن يشغل كل عنصر مكانا واحدا في الجدول الدوري.

كتب في بحثه المنشور في سنة 1869: "علينا أن نتوقع اكتشاف عناصر غير معروفة بعد، مثل العنصرين الشبيه بالألمنيوم والشبيه بالسيليكون اللذين يقع وزناهما الذريين بين 65 و75". وأعطى توقعات مفصلة عن الخواص الكيميائية والفيزيائية لكل عنصر. وقد استغرق الأمر ست سنوات قبل عزل أول هذه العناصر المتوقعة، سُمي لاحقا الغاليوم. كانت توقعات مندليف صحيحة، مع بعض الاستثناءات القليلة. ويمكن رؤية دقة توقعات مندليف بوضوح في حالة العنصر الذي أسماه إكاسيليكون، وسمي لاحقا بالجرمانيوم [10].

لم تكن كل توقعات مندليف ناجحة. فقد نجح في ثماني توقعات من أصل ثمانية عشر توقعا منشورا. لم تؤثر توقعات مندليف الفاشلة من قيمة جهوده، بل كانت نقطة مهمة في الفلسفة العلمية. ناقش المؤرخون وفلاسفة الكيمياء أهمية التنبؤ العلمي وتأثيراته في نجاح الأبحاث، فكان أمرا مثيرا للإعجاب رغم الفشل في كثير من المرات. كُرّم بعدد الجوائز أهمها وسام ديفي كما تقدّم في 1882 مناصفة مع ماير. انقسم الكيميائيون في أسبقية الاكتشاف بين جزء مناصر لمندليف وآخر لماير، لكن شهرة مندليف على ماير في هذه المسألة تعود لعدة أسباب منها:

- كان أشهر من ماير في الوسط العلمي الكيميائي العالمي؛
- نشر أبحاثه في مجالات علمية مشهورة وأهمها المجلة الألمانية Angewandte Chemie على عكس ماير الذي نشر معظم أبحاثه في كتابه الخاص؛
- سبق ماير في وضع توقعات لوجود عناصر جديدة بغض النظر عن نجاحها وفشلها؛
- وزع مائتي نسخة على معظم علماء الكيمياء في أوروبا.

الخاتمة

تفيدنا دراسة تاريخ وتطور جدول التصنيف الدوري للعناصر في إدراك المقاربات المختلفة كمدخل لتعليم وتعلم مفاهيم ميادين الكيمياء الثلاثة: الكيمياء العضوية والكيمياء اللاعضوية والكيمياء الحيوية. كما تضيف هذه الدراسة فكرة عن إنجازات وتنافس العلماء عبر العصور المختلفة لاكتشاف مفاهيم وظواهر في نسق متكامل لمختلف تخصصات علوم الطبيعة. نأمل في الختام أن تفيد هذه الدراسة جميع المهتمين بمسائل وتخصصات الكيمياء. ولا يفوتنا أن أشير، للأمانة العلمية، أن هذه الدراسة كانت بمساهمة زميلتنا أستاذة الكيمياء مينة مالكي (1963-2013) رحمها الله، حيث كانت رغبتها تتمثل في تصميم مؤلف يتناول دراسة تاريخية وتعليمية لمفاهيم التصنيف الدوري للعناصر.

المراجع

- [1] شيري، إريك، ترجمة محمد عبد الرحمن إسماعيل، الجدول الدوري، مؤسسة هنداوي، مصر، 2016.
- [2] شيري، إريك، ترجمة عمر سعيد الأيوبي، قصة 7 عناصر، هيئة أبوظبي للسياحة والثقافة، 2016.
- [3] Costa, Mariagrazia, Fontani, Marco, Orna, Mary Virginia: The Lost elements : The Periodic table's shadow side, Oxford University Press, 2015.
- [4] Scerri, Eric: The discovery of the periodic table as a case of simultaneous discovery, The Royal Society Publishing, 2015.
<https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rsta.2014.0172>

[5] من موقع ويكيبيديا

https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_periodic_table#William_Odling

[6] من موقع ويكيبيديا

https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_periodic_table#Lothar_Meyer

[7] Chemical Heritage Foundation

<https://www.chemheritage.org/historical-profile/julius-lothar-meyer-and-dmitri-ivanovich-mendeleev>

[8] من موقع ويكيبيديا

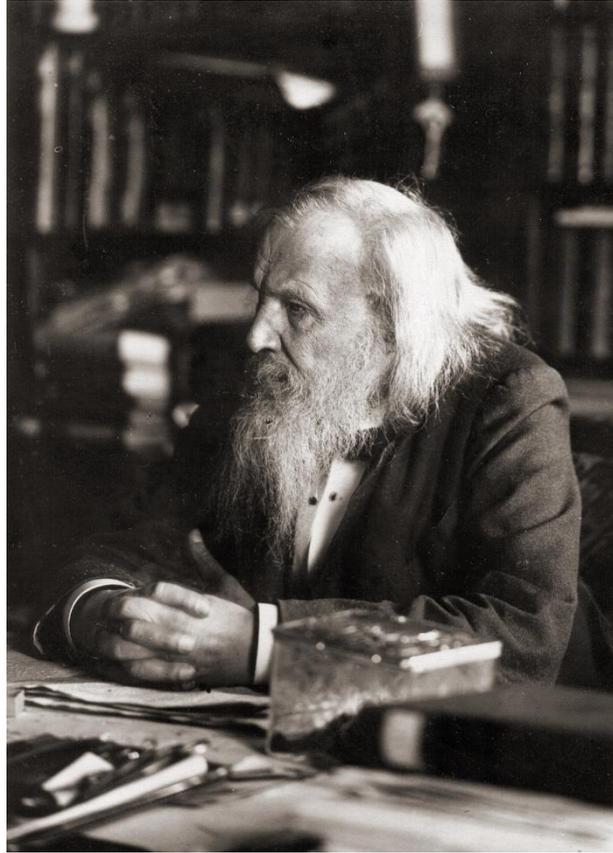
https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_periodic_table#Dmitri_Mendeleev

[9] الموقع الرسمي لمندليف

<http://www.dmitrimendeleev.com>

[10] The Chemo genesis web book.

http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php?PT_id=13



دمتري مدفيدف (1907-1834) Dmitri Mendeleïev