

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

الجمعية

الكيميائية السورية

سلسلة عناصر الجدول الدوري

جامعة البعث

كلية العلوم

قسم الكيمياء

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

إعداد الكيميائيين :

أيمن محمد البر الفاخوري . عبد العال ممدوح الماشمي

بإشراف الأستاذ :

طارق إسماحيل كاخيا

رحلة فى تاريخ الجدول الدورى

سلسلة عناصر الجدول الدورى

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

• مقدمة :

لا يكتمل كتاب في الكيمياء أو قاعة محاضرات أو مختبر أبحاث دون أن تحمل أي منها نسخة من الجدول الدوري لتصنيف العناصر .

منذ الأيام الأولى لعلم الكيمياء جرت محاولات عديدة حينها لترتيب العناصر الكيميائية المعروفة في وقتها بطريقة منهجية تصلح لإبراز التشابه و الاختلاف بين العناصر الكيميائية .

وعلى أية حال فقد احتاج الأمر لعبقرية مندلييف ليبين أن ترتيب العناصر بطريق اعتباطية ليس بالأمر المفيد فقد أدرك وجود مخطط طبيعي يمتلك بموجبه كل عنصر مكان مخصص بعينه لا يزيغ عنه , و هذا الأمر شمل العناصر المكتشفة و غير المكتشفة على حد سواء .

إن الجدول الذي بين أيدينا هو ما يسمى الشكل الطويل للجدول الدوري لتصنيف العناصر و هو الشكل الوحيد تقريباً الذي اعتلى قمة الشهرة و الاستخدام من بين ما يزيد على الـ 100 تصميم و التي قدمت منذ عهد مندلييف وحتى الآن .

Periodic Table																																													
1																	18																												
H 1																	He 2																												
2																	2																												
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10																												
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18																												
		Metals										Nonmetals																																	
		Metalloids																																											
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36																												
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54																												
Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86																												
Fr 87	Ra 88	Ac 89	Unq 104	Unp 105	Unh 106	Uns 107	Uno 108	Une 109																																					
<table border="1"> <tr> <td>Ce 58</td> <td>Pr 59</td> <td>Nd 60</td> <td>Pm 61</td> <td>Sm 62</td> <td>Eu 63</td> <td>Gd 64</td> <td>Tb 65</td> <td>Dy 66</td> <td>Ho 67</td> <td>Er 68</td> <td>Tm 69</td> <td>Yb 70</td> <td>Lu 71</td> </tr> <tr> <td>Th 90</td> <td>Pa 91</td> <td>U 92</td> <td>Np 93</td> <td>Pu 94</td> <td>Am 95</td> <td>Cm 96</td> <td>Bk 97</td> <td>Cf 98</td> <td>Es 99</td> <td>Fm 100</td> <td>Md 101</td> <td>No 102</td> <td>Lr 103</td> </tr> </table>																		Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103
Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71																																
Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103																																

©NCSSM 2002

يوجد اليوم ما يقارب الـ 110 عناصر و المعترف بها من قبل الإتحاد الدولي للكيمياء البحتة و التطبيقية IUPAC , و التي تم ترتيبها في قالب خاص يُعرف باسم الجدول الدوري .

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

عبارة " الدوري " أتت من التكرار المنتظم لخواص كيميائية محددة في قائمة العناصر الكيميائية المعروفة والناجم عن ترتيب العناصر وفق تزايد كتلتها النسبية .

الشكل العام المعتمد اكتمل بالترقيم الجديد للجدول الدوري للمجموعات من 1 إلى 18 . و التي تم اعتمادها من قبل الـ **IUPAC** (1985) بعد جدال طويل .

منذ أنطوان لافوازييه الذي هو أول من عرف العناصر الكيميائية و رسم جدول لترتيب و تجميع العناصر ضم 33 عنصر ليضمنه في كتابه " بحث حول العناصر الكيميائية " الذي طبع عام 1789 , جرت محاولات عديدة لتصنيف العناصر .

حيث قام لافوازييه بتقسيم العناصر المعروفة ضمن أربع مجموعات تبعاً للخواص الكيميائية و هي : الغازات و اللامعادن ، المعادن و العناصر الأرضية .

هذه الرغبة الجامحة نحو تعريف و تصنيف العناصر احتاجت لثمانين سنة أخرى حتى وصلت الأمور لبين يدي مندلييف ليظهر بعد مخاض طويل الترتيب الأنسب للعناصر ضمن ما يعرف بالجدول الدوري لتصنيف العناصر .

في الوقت الحالي الجدول الدوري مبني أساساً على خواص العدد الذري للعناصر و السويات الطاقية المحيطة بالنواة ضمن الذرة , إن كلا المفهومين على أي حال أتيا بعد مندلييف بعدة عقود , حيث وضع مندلييف ما يقارب الـ 65 عنصر و التي كانت معروفة حينها ضمن جدولته تاركاً فراغات صغيرة لعناصر تنبأ بوجودها لكن لم تكن مكتشفة بعد , و ذهب أبعد من ذلك حين تنبأ ببعض خواص تلك العناصر اعتماداً على الدورية .

• خلفية تاريخية :

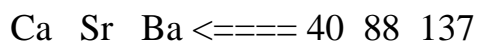
يمكننا اعتبار الجدول الدوري لمندلييف (1869) الجدول الأكثر جدارة بالملاحظة عند الأخذ بعين الاعتبار العزلة النسبية التي عاش فيها مندلييف عن المراكز البحثية في أوروبا الغربية , و عن كل المحاولات تقريباً التي قام بها العلماء في تلك المراكز لترتيب القائمة المتزايدة للعناصر الكيميائية .

رحلة في تاريخ الجدول الدوريسلسلة عناصر الجدول الدوري

سنبدأ في هذه الدراسة مع **جوهان دوبرنار** (1829) الذي أعلن قانون الثلاثيات و الذي بموجبه يتم ترتيب العناصر ضمن مجموعات ثلاثية لعناصر تتشابه كيمائياً حيث لاحظ وجود نوع من التدرج في خواص العناصر الثلاث بحيث أن للعنصر الثاني ذو خواص فيزيائية وكيميائية متوسطة بين خواص العنصرين الأول والثالث كما في الثلاثيات التالية التي قام هو بنفسه بوضعها و أشهرها :

الكالسيوم والسترانسيوم و الباريوم . الليثيوم و الصوديوم و البوتاسيوم . الكبريت والسيليونيوم و التيليريوم . الكلور و البروم و اليود .

و سنورد الأمثلة التالية :

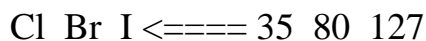
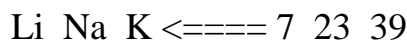


كما لاحظ أن الوزن الذري للعنصر الأوسط يساوي متوسط الوزن الذري للعنصرين الأول والثالث .:

$$(40 + 137) \div 2 = 88$$

و سرعان ما اكتشف أن هذه القاعدة تنطبق على ثلاثيات أخرى من العناصر

مثل ثلاثية:



جوهان دوبرنار (1780_ 1849) :

Dobereiner's Law of Triads

7														
23													35	
39	40												80	
	88												127	
	137													



وبحلول عام 1843 أصدر **ليوبولد جميلين** Leopold Gmelin كتابه الشهير

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

كتيب في الكيمياء ، أوجد رباعيات و خماسيات للعناصر من مثل النتروجين ، الفسفور ، الزرنيخ ، الأنتيمون و البزموت و التي هي معروفة لدينا بالمجموعة 15 في الكتلة p من الجدول الدوري .

لم تكن هناك من بوادر حقيقية مشجعة لإحداث تقدم في مجال تصنيف العناصر الكيماوية ما لم يتم اكتشاف خاصية جامعة تميز كل العناصر الكيماوية . الوزن الذري . و التي لم تعرّف حتى مجيء Stanislaو Canizarو كانيزارو 1858 و بناءً على تلك الخاصية استخدمت الأوزان النسبية و كان لكل عنصر عدة أوزان نسبية تبعاً لعدد حالات الأكسدة المختلفة التي يأخذها .

الحلزون التليري و قانون الثمانيات :

كان تشانكورتوا (Beguyer Chancortios) في 1862 أول من استعمل الأوزان الذرية كاشفاً بذلك خاصية دورية للعناصر ، فقد دون العناصر بشكل مستمر على شكل حلزوني على اسطوانة مقسمة إلى 16 قسم . اعتبر أن الوزن الذري للأكسجين 16 معتبراً إياه كمرجع مقارنة لبقية العناصر . لاحظ تشانكورتوا ظهور ثلاثيات تحت بعضها البعض في ذلك الحلزون .

و في الحلزون لاحظ وجود رباعية مفردة تضم : الأكسجين ، الكبريت ، السيلينيوم و التليريوم ، و نسبة لهذه الرباعية دعا التقسيم بالكامل : الحلزون التليري . كان الوزن الذري لتلك العناصر 16 ، 32 ، 79 و 128 على التوالي وهي تقريباً مضاعفات للعدد 16 .

لاحظ تشانكورتوا وجود أجزاء من الحلزون أقل نجاحاً و هي البور و الألمنيوم اللذين أتيا معاً و ألحق بهما النيكل و الزرنيخ و اللانتانوم و البلاديوم .

اكتشف تشانكورتوا الدورية و لوحظ وجود بعض الضعف في تقسيمه لكن ما قام به يعد إنجازاً كبيراً لعالم ليس في الكيمياء و إنما في الجيولوجيا .

وفي محاولة تالية قام جون نيولاندز (John Newlands) وهو

كيميائي انجليزي (1837-1898) بترتيب العناصر حسب ازدياد الوزن الذري في

رحلة في تاريخ الجدول الدوريسلسلة عناصر الجدول الدوري

شكل مجموعات تتكون كل مجموعة من ثمان عناصر ، فلاحظ أن الخواص المتشابهة للعناصر تتكرر دورياً و بانتظام بشكل يشبه تدرج السلم الموسيقي .
 قام نيولاندز أحياناً بوضع أكثر من عنصر واحد في المربعات المخصصة لكل منها بناء على الخواص المشتركة التي تجمع كلا العنصرين . أدرك نيولاندز أيضاً أن السيليكون و القصدير من مجموعة واحدة و توقع وجود عنصر ثالث وسط بينهما بوزن ذري يقارب الـ 73 . وهذا بسبق توقعات مندلييف عن الجرمانيوم بخمس سنوات تقريباً .



John Newlands

Newlands' Arranged Elements in Octaves:

H	F	Cl	Co/Ni	Br	Pd	I	Pt/Ir
Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Cs	Tl
G	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba/V	Pb
Bo	Al	Cr	Y	Ce/La	U	Ta	Th
C	Si	Ti	In	Zn	Sn	W	Hg
N	P	Mn	As	Di/Mo	Sb	Nb	Bi
O	S	Fe	Se	Ro/Ru	Te	Au	Os

على أية حال فنيولاندز لم يترك شواغر لهذه العناصر غير المكتشفة بعد في جدولته الصادر عام 1865 . انتقدت جهوده و سخر منه علانية أعضاء الجمعية الكيميائية في 1887 ولكن و بعد 18 عام من أعمال مندلييف حصل نيولاندز على اعتراف الجمعية الملكية التي كافأته بمنحه ميدالية دافي .

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

• محاولات أخرى :

كيميائيون آخرون كان مهتمين أيضاً بالوزن الذري و دورية الخواص

الكيميائية تبعاً لها :

* ويليام أودلينغ 1864 :

رسم جدولاً للعناصر يشابه لحد ما جدول مندلييف الأولي , كانت فيه المجموعات مرتبة بشكل أفقي تتوضع فيه العناصر مرتبة بحسب تزايد وزنها الذري بوجود فراغات مميزة للعناصر التي لم تكتشف بعد . علاوة على ما تقدم فإن أودلينغ استطاع التغلب على مشكلة اليود . تيلييريوم , واستطاع وضع كل من التالسيوم , الرصاص , الزئبق و البلاتين ضمن مجموعاتها الصحيحة و هذه أمور عجز عنها مندلييف في محاولاته الأولى .

* الكيميائي الألماني يوليوس لوثر ماير :

استعمل ماير بدوره أوزان كانيزارو الذرية لرسم جدول بدائي في 1864 , و أنتج نسخة معدلة مطورة في 1868 للطبعة الثانية لأحد كتبه لكنها بقيت حبيسة بين أوراقه فلم تنشر إلا بعد موته في 1895 .

لكن أهم ما قام به ماير كان رسماً بيانياً نشره في 1870 للأحجام الذرية في مقابل الأوزان الذرية أدى لتوضيح التغيرات الدورية لهذه الصفة في مقابل الوزن الذري . نشر ماير ما توصل إليه متأخراً كثيراً بحيث أنه لا يستطيع أن يدعي الأسبقية على مندلييف , و حتى مندلييف فإنه نشر جدولته في مجلة روسية جديدة وغير مشهورة " مجلة المجمع الكيميائي الروسي " و هذا أدى إلى أنه و في أسابيع قليلة سرقت ورقته هذه لتعرض في مجلة كيميائية ألمانية و تماماً قبل نشر بحث ماير الذي نشر في ديسمبر (كانون أول) في نفس العام 1869 .

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

• عبقرية مندلييف :

لا يمكننا أبداً أن نحكم بصدق على ما فعله العظماء دون أن ننظر في المراحل الحياتية التي مروا بها وهذا فإنه ليس بمقدورنا أن نغطي المسيرة الطويلة لمندلييف بالكامل ننظر إلى بعض السطور من حياته :

اسمه **ديمتري ايفانوفيتش مندلييف** , ولد في 27 / كانون الثاني / 1834 في مدينة توبولسك في روسيا .

كان كل من أبويه ذو ثقافة علمية جيدة , اسم العائلة أعطي من قبل أساتذة المدارس الدينية , أعطيت له كناية عن أعمال المبادلة و المقايضة التي كان يمارسونها . بدايته في العلم كان متوسط العلامات , وعندما وصل إلى الصفوف العليا في مدرسة توبولسك القيصرية . أخذ يهتم بشكل أكبر في الرياضيات و الفيزياء و التاريخ و الجغرافيا و هندسة الكون و سر نشأته .

قدم أوراقه إلى الأكاديمية الطبية الجراحية في بطرسبورغ و لكن عند تقدمه لفحص القبول لم يستطع تحمل الاختبار الأول في قاعة التشريح فتخلى عن مهنة الطب و اتجه كي يكون معلماً في معهد التربية حيث كان يدرّس مادة الرياضيات و كان يتعلم مجاناً فيه على أن يخدم في هذا المعهد بعد تخرجه لمدة ثماني سنوات إن مناخ بطرسبورغ رطب أثر على صحته حيث أن الدم أخذ يتدفق من رئتيه فجلس في الحجر الصحي التابع للمعهد , رغم مرضه فقد كان مثابراً على متابعة الدروس . كان الحظ إلى جانبه في فترة دراسته حيث قام على تدريسه نخبة من أساتذة ذلك الوقت الذين كانوا يدرّسون في كليات الجامعة منهم : **أوستروغرادسكي , ليينز .**

رغم نظام الدراسة الصارم الذي كان سائداً في ذلك الوقت استطاع أن يخصص جزءاً من وقته لحضور محاضرات كلية التربية و التاريخ .

سلسلة عناصر الجدول الدوريرحلة في تاريخ الجدول الدوري

و لكن كان جلّ اهتمامه في الكيمياء حيث كان يمضي معظم وقته في مخابر الكيمياءية بإشراف البروفيسور **فوسكريسنسكي** الذي انشأ أول المدارس العلمية الكيمياءية في روسيا .

كانت رسالة الدبلوم : // التشابه البلوري و تعلق البنية البلورية للأجسام بالتركيب الكيميائي // حيث حصل على تقدير ممتاز . وكان نجاحه باهراً في مواد التربية و علم المعادن و الكيمياء و علم النبات و علم الحيوان .

درّس مادتي الرياضيات و الفيزياء و مادة البيولوجيا في أوديسا في أوكرانيا , و بعد فراغه من التدريس كان يحضّر لدراسة الماجستير // الحجوم النوعية // و تقدم لامتحانات شهادة الماجستير بنجاح مما خوله لإلقاء المحاضرات في كليات الجامعة . كان مهتماً في الكيمياء الفيزيائية حيث كانت إحدى نتائج بحوث العالم المستقلة هو اكتشاف درجة الغليان المطلق أي درجة الحرارة الحرجة التي يفقد عندها السائل قوى الترابط المميزة له و يتحول إلى الحالة الغازية

شارك في مؤتمر الكيميائيين العالمي الأول عام 1860 في كارسروي الألمانية و بذل جهود مثمرة لإنجاحه .

إن أعمال ماندلييف اللاحقة تأثرت بأفكار العالم الإيطالي **كانيزارو** حيث قادته إلى التفريق بين مفهوم الذرة و الجزيء في الكيمياء العضوية و المعدنية ومفهومي الكتلة الذرية و التكافؤ .

كانت أولى النتائج الباهرة لأبحاث مندلييف هو كتاب / **الكيمياء العضوية** / الذي ألفه عام 1861 خلال أسابيع قصيرة , حاز على جائزة **ديميدوف** الأولى مقدارها 1428 روبل . في عام 1863 تولى منصب بروفيسور في الكيمياء في المعهد العالي للتكنولوجيا . تقدم لنيل شهادة الدكتوراه عام 1865 كانت الدراسة حول // اتحاد الكحول مع الماء // .

أولى النفط أهمية كبيرة حيث أكدّ على عدم اعتباره مصدراً للوقود فقط حيث صمم أجهزة خاصة لمعاملة النفط وتكريره و نقله .

سلسلة عناصر الجدول الدوري

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

حصل ماندلييف من وراء أعماله في مجال الكيمياء التطبيقية على تأهيل علمي عالي رشحه لتولي منصب الخبير الفني الممثل لروسيا في المعرض الدولي الذي أُقيم في باريس . وفي عام 1865 تم انتخابه لمنصب بروفيسور في قسم الكيمياء التطبيقية في الجامعة .

عند انتقاله إلى فرنسا استطاع معرفة تركيب البارود اللادخاني من خلال غرامين استطاع الحصول عليها من وزير الحربية الفرنسي , و أدرك مساوئ تركيبه غير المتجانس فعدل على تركيبه فصنع الصمغ الناري الذي يعد القاعدة للبارود اللادخاني المتجانس . توفي مندلييف في 20/ كانون الثاني / 1907 بعد سنوات طويلة من العطاء .



و سنركز الآن على هذه الفترة من حياته التي فيها كون أفكاره التي ساعدته على تحقيق الإنجاز العظيم .

بعد تخرجه من المعهد التربوي المركزي في سان بطرسبرغ , توجه مندلييف نحو القيام بأبحاث في باريس و هيدلبيرغ لمدة سنتين , و أصبح بعدها في عام 1861 بروفيسور في الكيمياء العامة حيث عاد إلى سان بطرسبرغ .

بدأ بعد ذلك مندلييف في تأليف كتاب حول الكيمياء اللاعضوية بعنوان : " مبادئ الكيمياء " و الذي سرعان ما ألحق بطبعات متعددة و ترجم إلى لغات عدة

سلسلة عناصر الجدول الدوري

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

في عمله في الكتاب صنف العناصر ضمن مجموعات بحسب تكافؤاتها , على أن مندلييف تعلم في ألمانيا الأوزان الذرية التي وضعها كانيزارو و التي استخدمها في ترتيب العناصر بحسب تزايد وزنها الذري .

اليوم المشهود بالنسبة لمندلييف كان في السابع عشر من شباط (فبراير) 1869 : قام مندلييف بإلغاء جولة كان من المزمع أن يقوم بها لمعمل مقررًا البقاء في المنزل لإيجاد آلية تصنيفية لترتيب العناصر الكيماوية المعروفة حينها .

ليسهل العمل على نفسه قام بكتابة كل عنصر مع خواصه الأساسية على ورقة منفصلة مرتباً الأوراق الناتجة وفق أساليب مختلفة , و أخيراً أوجد ترتيباً راق له فدونه لكن وفي نفس اليوم أوجد ترتيباً آخر أعجبه و الذي بموجبه ترتبت العناصر ضمن أعمدة على عكس ترتيبه السابق الذي رتب فيه العناصر ضمن صفوف أفقية . هنا وجد مندلييف أنه اكتشف و صمم و رسم ترتيباً جديداً للعناصر

بدايةً : ترك فراغات للعناصر المفقودة (التي لم تكتشف بعد) , ترك الفراغات للعناصر غير المكتشفة لم يكن أمراً جديداً بحد ذاته لكن الأمر المثير في كل ذلك هو تنبؤه بخواص العناصر غير المكتشفة . نجاحه الكبير كان في دقة المعلومات التي وضعها حول الإيكا ألمنيوم eka aluminium أي الغاليوم Gallium و الإيكا سيليكون eka silicon أي الجرمانيوم Germanium .

اكتُشِفَ الغاليوم عام 1875 على يد ليكوك دي بواسبدران و قال بأن كثافته تساوي 4.7 g.cm^{-3} و التي لا تتفق مع القيمة التي توقعها مندلييف و التي تساوي 5.9 g.cm^{-3} , و عندما أُعلم بواسبدران عن كون الغاليوم ما هو إلا الإيكا ألمنيوم الذي توقع مندلييف وجوده و تنبأ بخواصه التي تضاربت مع دراسته أعاد بواسبدران دراساته ليجد أن كثافة الغاليوم تساوي 5.956 g.cm^{-3} . و هنا لم يكن بالمقدور أن نشك بأن مندلييف قد اكتشف مبدأً من مبادئ الطبيعة .

ثانياً : كان جدول مندلييف مهياً لوضع بعض العناصر في مكانها الخطأ , فأكسيد البيريليوم والذي تكتب صيغته حينها Be_2O_3 حتى من قبل عظماء الكيمياء

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

في حينها مثل برزيليوس . لكن اللاحقين في حقل الكيمياء أقرروا بأن الصيغة السابقة كانت خطأً و أن تكافؤ البيريديوم هو II و ليس III . فبعد أن ترك مندلييف فراغاً في جدولته في المجموعة 2 لم يكن لديه أدنى شك بأنه البيريديوم .

ثالثاً : كان الجدول مهياً للإصابة بالخطأ كنتيجة للأخطاء المرتكبة في تحديد الأوزان الذرية . و الشذوذ الظاهر كان هنا في التيليريوم (128) و الذي يتوجب أن يأتي بعد اليود (127) , أي تماماً في المجموعة التي تسبق مجموعة اليود . على كل حال بقي الأمر معضلة كيميائية حتى اكتشاف النظائر .

• مصاعب و أخطاء :

عرف مندلييف بعض الاستثناءات الخاصة بترتيب الوزن الذري , و لكن اليوم نعلم بوجود أربع أزواج من الاستثناءات و التي بموجبها يكون للعنصر ذو العدد الذري الأكبر وزن ذري أقل . و هي : . الأرجون و البوتاسيوم . الكوبالت و النيكل . الثوريوم و البروتكتينيوم . اليود و التيليريوم .

لو أن مندلييف عرف الشذوذ الناتج عن النظائر لكان توقف عن استخدام الأوزان الذرية كعامل جامع بين العناصر .

بنظرة مقربة إلى الجدول الذي أصدره مندلييف 1869 (الشكل العمودي) والمعتبر كأصل الجدول الدوري تظهر بعض الصعوبات التي عانى منها مندلييف لوضع العناصر في مجموعاتها الصحيحة .

كشف مندلييف ضرورة وجود عنصر معدني ثقيل أخير يختم مجموعة التيتانيوم , و توقع وجوده في فلز التيتانيوم نفسه . اكتشف هذا العنصر من قبل الكيميائي الهنغاري جورج هيفسي George de Hevesy في عام 1923 . و كان وزنه الذري 178 قريباً جداً مما توقعه مندلييف 180 و هو عنصر الهافنيوم Hf . و في مجموعة المنغنيز وقع مندلييف في خطأ لكنه ليس بالمفاجئ على اعتبار أن حالات الأكسدة المتعددة الظاهرة لهذه العناصر في مركز الكتلة (d) كانت ذات نفع قليل في نسب تلك العناصر لمواقعها الصحيحة .

رحلة في تاريخ الجدول الدوريسلسلة عناصر الجدول الدوري

تخيل مندلييف أن الزئبق بحالتي الأكسدة I , II أنه واقع في مجموعة النحاس و الفضة أي أن ذلك يعني مجيئه قبل الذهب ف شعر مندلييف بضرورة تتبع الوزن الذري للذهب من جديد بعد أن وضعه في مجموعة البور تحت اليورانسيوم و هذا الأخير حسب وزنه الذري خطأً 116 أي نصف ما يجب أن يكون عليه و بالمثل فإن مندلييف ناضل ولكن دون نجاح لوضع العناصر التالية في الكتلة f و التي تم وضعها كذلك في مكانها الخطأ كنتيجة لحسابات الأوزان الذرية الخاطئة في ذلك الوقت و التي هي : الإيبريوم , الإيتيريوم , السيريوم , الثوريوم و الديديميوم , و هذا الأخير ما هو إلا مزيج للبارا سيديميوم مع النيوديميوم .

Group I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Period 1	H=1						
2	Li=7	Be=9.4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19
3	Na=23	Mg=24	Al=27.3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35.5
4	K=39	Ca=40	?=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55 Fe=56,Co=59 Ni=59
5	Cu=63	Zn=65	?=68	?=72	As=75	Se=78	Br=80
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	?=100 Ru=104,Rh=104 Pd=106
7	Ag=108	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140			
9							
10			?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	Os=195,Ir=197 Pt=198
11	Au=199	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208		
12				Th=231		U=240	

جدول مندلييف الدوري لتصنيف العناصر

و كل العناصر السابقة أعطيت أوزان ذرية خاطئة و هذا حصل أيضاً مع الإندسيوم و المكتشف في 1863 من قبل فيرديناند ريتش و هيرونيمس ريتشر . فلو اتضحت صفات هذا العنصر الكيميائية لدى مندلييف و خاصة الوزن الذري الصحيح له لكان بمقدور مندلييف أن ينتزع اليورانسيوم من مجموعة البور و أن يضع الإندسيوم هناك .

رحلة في تاريخ الجدول الدوريسلسلة عناصر الجدول الدوري

بالرغم من كل هذه الأخطاء التي حملها جدول مندلييف إلا أنه يتوجب علينا أن نحترم الجهد الكبير الذي بذله مندلييف ابتداءً من ذلك اليوم الشتوي في سان بطرسبرغ منذ 135 عام تقريباً .

* وبعد ذلك ظهر **موزلي** (Henry Moseley) في (1887-1915)

ولأول مرة قام بترتيب العناصر حسب ازدياد العدد الذري atomic number فلاحظ تكرار الخواص المتشابهة للعناصر دورياً وبانتظام فكان هذا الترتيب في الحقيقة أساس الجدول الدوري الحديث .

Group 0	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
	H 1														
He 2	Li 3		Be 4		B 5		C 6		N 7		O 8		F 9		
Ne 10	Na 11		Mg 12		Al 13		Si 14		P 15		S 16		Cl 17		
Ar 18	K 19		Ca 20		Sc 21		Ti 22		V 23		Cr 24		Mn 25		Fe 26, Co 27, Ni 28
Kr 36	Rb 37		Sr 38		Y 39		Zr 40		Nb 41		Mo 42		-		Ru 44, Rh 45, Pd 46
Xe 54	Cs 55		Ba 56		57-71*		Hf 72		Ta 73		W 74		Re 75		Os 76, Ir 77, Pt 78
Rn 86	-		Ra 88		Ac 89		Th 90		Pa 91		U 92		-		

شكل توضيحي لجدول موزلي

• الجدول الدوري منذ عهد مندلييف :

- الجداول المتتابعة :

باعتبار أن العناصر الكيميائية يتم ترتيبها وفق تزايد العدد الذري من 1 . 109 فالأمر الطبيعي بداية أن يتم الترتيب على شريط مستمر يمكن لفه بشكل حلزون أو دوائر متحدة بحيث تجمع سوياً العناصر المشتركة في خواص معينة (فيزيائية) كيميائية) أو فيما يتعلق بالتركيب الإلكتروني الذي ينتج عنه عموماً خواص متقاربة .

سلسلة عناصر الجدول الدوري

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

بالرغم من كون التمثيل ثلاثي البعد ممكن على الورق إلا أنه لم يلاقى رواجاً كبيراً و هذا يفسر البرود الذي واجهه جدول تشانكورتوا , و على العموم فللجدول ذات الأبعاد الثلاثية استخدامات محدودة جداً .

أما الجداول الدورية ثنائية البعد فإن أول ما ظهرت تماماً بعد سنتين من جدول مندلييف و التي ولدت بجدول بوهر Baumhauer الذي صمم جدولاً حلزوني بدأ بالهيدروجين في المركز و هذا الشكل لم يعد كونه جدولاً تزيينياً يسبب مظهره اللافت للنظر .

الجدول التزييني البريطاني 1951 للأسف يجمع العناصر الكيميائية الأكثر شيوعاً في الطبيعة في المركز معطياً عناصر الكتلة f ذات الأهمية غير الكبيرة مساحة غير ملائمة من الفراغ على المحيط الدائري .

- الجداول غير المتتابعة :

مع كون الجداول المستمرة ذات شكل جذاب إلا أن الجداول غير المستمرة كانت من دون شك أكثر تعدداً و شيوعاً , إن عدم الاستمرار في الجدول الدوري قد أدى لظهور أعداد كبيرة من التصاميم التي بدا بعضها للوهلة الأولى و كأنه جدول مستمر كما في جدول شيلي 1950 Sheele .

إن الجداول غير المستمرة دوماً في الغالب هي جداول ذات قوالب خطية و ذات ترتيب للعناصر من اليسار إلى اليمين ومن الأعلى إلى الأسفل وفق تزايد أعدادها الذرية،كل تلك السمات في وقتنا الحالي غدت مسلمات غير قابلة للنقاش .

إن سبب نجاح الأشكال الخطية ربما يكمن وراء الطريقة الغربية في القراءة و التي صممت الجداول الدوري بموجبها أي بالانطلاق من اليسار إلى اليمين و من الأعلى إلى الأسفل وهذه أمور تعودت عليها العين و هذا ساعد كثيراً في أن تصبح الجداول الخطية مألوفة بسرعة .

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

في الجداول غير المستمرة برزت الحاجة لمعرفة متى يتوجب علينا التوقف عن رسم أعمدة جديدة فالجداول الأولى لم يكن لديها سبب خاص لإنهاء السطر في أي مجموعة بعنصر محدد .

الجدول البدئية ذات الثمانية مجموعات و التي تم فيها تقسيم العناصر لزمر بحسب تكافؤاتها فمن الطبيعي أن تبدأ بالتكافؤ 1 و تنتهي بالتكافؤ 8 , وهذه الزمر جمعت معاً العناصر ذات التكافؤ المشترك لكن من الصعب أن تجمع عناصر أخرى , وهذا ما أدى لظهور حاجة وجود مجموعات ثانوية إضافية تمثل في A and B . و هذا التقسيم الجديد أدى في النهاية لصراع طويل بين الجداول الدوري لم يحسم إلا في عام 1985 داخل الـ IUPAC .

الشكل الطويل للجدول الدوري بقلبه الجديد يعود فضل وجوده إلى Deming ديمينغ و الذي ابتكره لكتابه الصادر في 1923 . و كانت شعبيته مضمونة نتيجة تبنيه من شركة لصناعة الأدوية على اعتباره كمادة ترويجية خاصة بالشركة , و هذا ما أدى لضمان شعبية واسعة له , و هذا الجدول لبي و بوضوح ما يجب أن يحمله الجدول الدوري من معلومات و هذا ما جعله يبقى و ينال الرضا من الجميع دوناً عن الجداول الأخرى .

و في الشكل النهائي للجدول الدوري الحديث تم الاعتماد لترتيب العناصر في الجدول الدوري الحديث على الأسس التالية :

- 1 - رتبت العناصر حسب ازدياد العدد الذري .
- 2 - صفت العناصر في سطور أفقية (أدوار) تبعاً لعدد مستويات الطاقة الالكترونية فيها المشغولة بالالكترونات (فعناصر الدورة الأولى تشغل إلكتروناتها مستوى واحد من الطاقة وعناصر الدورة الثانية مستويين .. وهكذا
- 3 - وضعت العناصر في أعمدة رأسية (مجموعات) تبعاً لعدد الالكترونات الموجودة في مستوى الطاقة الأخير (الكترونات التكافؤ) وبهذا نلاحظ أن الجدول الدوري بشكل عام يتألف من سبع أدوار (عدد مستويات

رحلة في تاريخ الجدول الدوريسلسلة عناصر الجدول الدوري

الطاقة الالكترونية المعروفة (وثمان مجموعات رئيسية رمز لها بالحرف (A)
 وثمان مجموعات فرعية رمز لها بالحرف (B) .

مناطق الجدول الدوري الحديث :أولاً : المنطقة اليسرى .

وتحوي عناصر المجموعتين الرئيسيتين (A1 و A2) والمعروفة باسم المعادن القلوية والمعادن القلوية الترابية على الترتيب ، وتشغل الكترولونات التكافؤ في ذرات هذه العناصر المجال الكروي . S

ثانياً : المنطقة اليمنى :

وتحوي بقية العناصر في المجموعات الرئيسية وتتميز عناصر هذه المنطقة بملاء المجالين (S , P) في مستوى التكافؤ ، وهذه المنطقة تحوى جميع اللامعادن وأشباه المعادن وبقية المعادن ، كما تضم جميع الهالوجينات (عناصر المجموعة A 7) و الغازات النادرة أو الخاملة (عناصر المجموعة صفر) وتعرف عناصر هاتين المنطقتين (اليسرى واليمنى) بالعناصر التمثيلية أو بالعناصر غير الانتقالية.

ثالثاً : المنطقة الوسطى :

وتحوي جميع العناصر في المجموعات الفرعية B وتتألف من ثلاثين عنصراً جميعها من المعادن في ثلاث متسلسلات تضم كل متسلسلة عشرة عناصر، وتتميز عناصر هذه المنطقة بوجود الكترولونات التكافؤ في المجالين (S , d) في مستوى التكافؤ ، وتعرف عناصر هذه المنطقة بالعناصر الانتقالية غير التمثيلية .

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

رابعاً : المنطقة السفلى :

وتتألف من سلسلتين كل سلسلة تضم أربعة عشر عنصراً سلسلة اللانثانيدات والتي تأتي بعد عنصر اللانثانوم وتبدأ بالسيريوم وسلسلة الاكتينيدات وتأتي بعد عنصر الاكتينيوم وتبدأ بعنصر الثوريوم ، تتميز عناصر هذه المنطقة بملاء المجال من نوع f في مستوى التكافؤ ، وتعرف عناصر هذه المنطقة بالعناصر الانتقالية الداخلية .

خاتمة :

تطور الجدول الدوري كثيراً منذ مندلييف و حتى الآن و لكن مسيرة التطور أمامه لا تزال طويلة فكل يوم تزداد المتطلبات التي يتوجب على الجدول الدوري أن يحملها و لكن الجدول الذي بين أيدينا مرشح للبقاء نتيجة القبول العلمي الذي يحظى به و نتيجة تصميمه الذي يلائم المعلومات التي نريد منه أن يحملها كما يظهر في الجدول اللاحق الذي يعطي معلومات مفصلة عن أي عنصر من العناصر الكيماوية .

The image shows an interactive periodic table with a detailed view of Silicon (Si) and a full periodic table below it.

Silicon (Si) Properties:

- Atomic number: 14
- Symbol: Si
- Atomic weight: 28.086
- Group: 14 (IVA)
- Period: 3
- Electron configuration: $[\text{Ne}]3s^23p^2$
- Oxidation states: +4, +2, -4
- Atomic radius: 110 pm
- Electron affinity: -133.6 kJ/mol
- Ionic radius: 40 pm
- Ionization energy: 786.5 kJ/mol
- Electronegativity: 1.90 (Pu)

Full Periodic Table:

The full periodic table is shown below the Silicon details, with elements color-coded by groups. The lanthanide and actinide series are shown at the bottom.

سلسلة عناصر الجدول الدوري رحلة في تاريخ الجدول الدوري

والجدول التالي تلخيص لما مر به الجدول الدوري من مراحل متتابعة :

المساهم	التاريخ	الاكتشاف	ملاحظة
أريستوتل	~330 BC	نظرية العناصر الأربع : أرض , هواء , ماء , نار .	
أنطوان لافوازيه	1770 ~ 1789	- كتب أول قائمة شاملة للعناصر تحوي 33 عنصراً - ميز بين المعادن و اللامعادن .	تبين أن بعض عناصر لافوازيه لا تعد كونها مركبات و مزائج و ليست عناصر .
جون جاكوب برسيلوس	1828	- طور الأوزان الذرية للجدول . - أدخل الأحرف كاختصارات للعناصر الكيميائية .	
جوهان دوبرينير	1829	طور/ قانون المجموعات الثلاثية / حيث تتألف كل مجموعة من ثلاث عناصر لها نفس الخواص , مثل الليثيوم و الصوديوم و البوتاسيوم شكلت ثلاثية . الكالسيوم والسترانسيوم و الباريوم شكلت ثلاثية . الكلور	كان السبّاق إلى فكرة المجموعات .

سلسلة عناصر الجدول الدوري رحلة في تاريخ الجدول الدوري

	و البروم و اليود شكلت ثلاثية .		
قانون نيولاندر للثمانيات حدد عدة تشابهات بين العناصر المعروفة في زمانه و امتدت توقعاته لتشمل العناصر التي تنبأ بوجودها و التي لم تكتشف بعد لكنه لم يترك فراغات للعناصر التي لم تكتشف في زمانه , و على كل حال فهو السباق إلى فكرة الأدوار .	1864	جون نيولاندر	
ماير و مندلييف درسا الجدول الدوري بأن واحد .	- حصر الجدول الدوري بـ 56 عنصراً . - ارتكز على الخصائص الدورية مثل الحجم المولي عندما رتب وفق ترتيب الوزن الذري .	1869	لوثر ماير
كان الجدول الدوري لمندلييف هاماً لأنه	- درس الجدول معتمداً على الأوزان الذرية ولكن رتب	1869	ديمتري مندلييف

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

<p>مكّن العلماء من التنبؤ بخواص العناصر بواسطة قانون الدورية والذي يمكننا من معرفة موقع العنصر و بالتالي التكهّن بخواصه بالنظر إلى أقرانه</p>	<p>العناصر (دورياً) حسب تشابهها بالخواص تحت بعضها البعض . - ترك فجوات للعناصر غير المكتشفة في زمانه حيث أمكن التكهّن بخواصها مثل الغاليوم , السكّانديوم , الجرمانيوم . - كان الترتيب الذي يقوم به بالأحرى إعادة للترتيب , على سبيل المثال : التيليريوم أثقل من اليود و لكن يأتي قبله في الجدول الدوري .</p>		
<p>قانون الدورية المعدل لموزلي وضع عنصري التيليريوم و اليود في يمين الترتيب كما فعل من أجل الأرغون واليوتاسيوم والكوبالت و النيكل .</p>	<p>- عين العدد الذري لكل عنصر . - عدّل القانون الدوري لتكون دورية خواص العناصر تابعة للعدد الذري .</p>	1914	هنري موزلي
	- أدخل العناصر ما وراء	1940	غلن سيبورغ

رحلة في تاريخ الجدول الدوري

سلسلة عناصر الجدول الدوري

	اليورانيوم (ذات عدد ذري أكبر من اليورانيوم) أي التي تأتي بعد اليورانيوم في الجدول الدوري .		
--	--	--	--

. المراجع :

- مندلييف و الكيمياء : تأليف أ.أ. ماكارينا و يوف ريسيف , ترجمة : د. عبد المطلب أبو يوسف .

- المجمع الكيميائي الأمريكي على الإنترنت :

www.chemsoc.com

www.visualelements.com •

انتهى بعون الله