

- تفسر سبب تشابه خواص عناصر المجموعة الواحدة.
- تحدد فئات الجدول الدوري الأربعة استناداً إلى التوزيع الإلكتروني.

### مراجعة المفردات

**إلكترونات التكافؤ:** إلكترونات موجودة في مستوى الطاقة الأخير للذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لها.

## تصنيف العناصر

### Classification of the Elements

**الفكرة الرئيسية** رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية.

**الربط مع الحياة** إذا أردت توصيل رسالة إلى شخص ما فلا يكفي أن تعرف رقم بيته فقط، بل يجب أن تعرف عنوان البيت كاملاً: في أي شارع هو؟ وأي مدينة؟ وأي منطقة؟ وبالطريقة نفسها يتم تعريف العناصر من خلال توزيعها الإلكتروني.

### ترتيب العناصر وفق التوزيع الإلكتروني

#### Organizing the Elements by Electron Configuration

يحدد التوزيع الإلكتروني الخواص الكيميائية للعنصر. ويمكنك معرفة التوزيع الإلكتروني وعدد إلكترونات التكافؤ من خلال موقع العنصر في الجدول الدوري الحديث. يوضح الجدول 2-3 التوزيع الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة الأولى، حيث يوجد إلكترون واحد في مستوى الطاقة الأخير لكل عنصر فيها.

**إلكترونات التكافؤ** يوجد لكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون واحد في مستوى طاقته الأخير. لذا تشابه عناصر المجموعة الأولى في خواصها الكيميائية؛ لأنها تحتوي على العدد نفسه من إلكترونات التكافؤ. وتُعد هذه الخاصية من أهم العلاقات في الكيمياء؛ فذرات المجموعة الواحدة لها الخواص نفسها لأن لها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ولكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون تكافؤ واحد له التوزيع الإلكتروني  $s^1$ . ولكل عنصر في المجموعة الثانية اثنين من إلكترونات التكافؤ توزيعها الإلكتروني  $s^2$ ، وللمجموعتين 1 و 2 والمجموعات من 13 إلى 18 في الجدول الدوري توزيعه الخاص من إلكترونات التكافؤ.

**إلكترونات التكافؤ والدورة** يحدد رقم مستوى الطاقة الأخير الذي يحتوي إلكترونات التكافؤ رقم الدورة التي يوجد فيها العنصر في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، يوجد إلكترون التكافؤ لعنصر الليثيوم في مستوى الطاقة الثاني، لذا يكون عنصر الليثيوم في الدورة الثانية. أما عنصر الجاليوم ذو التوزيع الإلكتروني  $[Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^1$  فإن إلكترونات تكافئه تقع في مستوى الطاقة الرابع، لذا يكون عنصر الجاليوم في الدورة الرابعة.

الجدول 2-3	التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة 1	
الدورة 1	H $1s^1$	الهيدروجين
الدورة 2	Li $1s^2 2s^1$	الليثيوم
الدورة 3	Na $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	الصوديوم
الدورة 4	K $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	البوتاسيوم

## الشكل 7-2

يوضح الشكل التوزيع الإلكتروني للعناصر الممثلة.

**لاحظ** كيف يتغير عدد إلكترونات التكافؤ

من مجموعة إلى أخرى، وكيف يتغير ضمن

المجموعة الواحدة؟

1	2	13	14	15	16	17	18
1 H.							He:
2 Li.	Be.	B.	C.	N.	O.	F.	Ne:
3 Na.	Mg.	Al.	Si.	P.	S.	Cl.	Ar:
4 K.	Ca.	Ga.	Ge.	As.	Se.	Br.	Kr:
5 Rb.	Sr.	In.	Sn.	Sb.	Te.	I.	Xe:
6 Cs.	Ba.	Tl.	Pb.	Bi.	Po.		Rn:

اجابة سؤال الشكل 7-2 :

يتغير بالانتقال من مجموعة إلى أخرى،  
لكنه يبقى ثابتا ضمن المجموعة الواحدة.

**إلكترونات تكافؤ العناصر الممثلة** عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعة الأولى واحد، ولعناصر المجموعة الثانية اثنان. في حين أن لعناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ، وأما عناصر المجموعة 14 فلها أربعة إلكترونات تكافؤ، وهكذا. وأما عناصر الغازات النبيلة في المجموعة 18 ففي كل منها ثمانية إلكترونات، ما عدا الهيليوم الذي له إلكترونات تكافؤ فقط. بين الشكل 7-2 كيف يساعد التمثيل النقطي للإلكترونات على الربط بين رقم المجموعة وعدد إلكترونات التكافؤ. لاحظ أن عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعات من 13 إلى 18 يساوي رقم الآحاد فيها.

## عناصر الفئات s, p, d, f Block Elements

يحتوي الجدول الدوري أعمدة وصفوفا ذات أحجام متفاوتة. ويعود السبب في عدم انتظام شكل الجدول الدوري إلى أنه قُسم إلى فئات تمثل مستويات الطاقة الثانوية للذرة، والتي تحتوي على إلكترونات التكافؤ، ولوجود أربعة مستويات طاقة ثانوية (s, p, d, f) فقد تم تقسيم الجدول الدوري إلى أربع فئات مختلفة كما في الشكل 8-2.

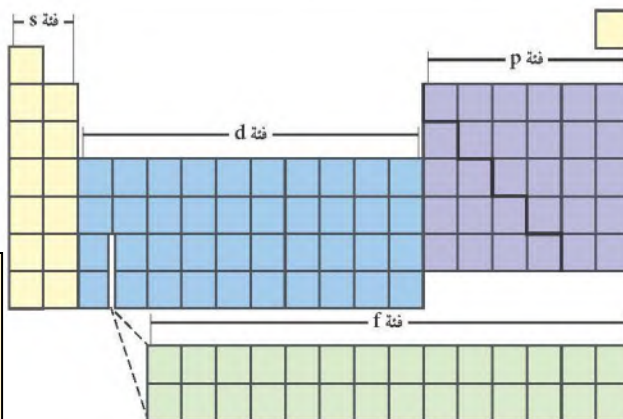
## الشكل 8-2

ينقسم الجدول الدوري إلى أربع فئات هي s, p, d, f.

**حلل** ما العلاقة بين الحد الأقصى لعدد

الإلكترونات التي يمكن أن توجد في مستوى

الطاقة الفرعي وحجم الفئة في الشكل؟



اجابة سؤال الشكل 8-2 :

عدد الأعمدة في الفئة يساوي أكبر عدد من  
الإلكترونات يمكن أن يتسع لها مستوى الطاقة  
الفرعي.



## التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة

## الجدول 2-4

الدورة	مستوى الطاقة الرئيس	العنصر	التوزيع الإلكتروني
1	$n = 1$	الهيليوم	$1s^2$
2	$n = 2$	النيون	$[He] 2s^2 2p^6$
3	$n = 3$	الأرجون	$[Ne] 3s^2 3p^6$
4	$n = 4$	الكريبتون	$[Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^6$

## المفردات

### الاستعمال العلمي

### البنية: Structure

شيء ما يتم عمله من عناصر أو أجزاء مترابطة بعضها ببعض.

اشترك عدد من العلماء في اكتشاف بنية الذرة.

**عناصر الفئة - s** تتكون من عناصر المجموعتين الأولى والثانية وعنصر الهيليوم. حيث تحتوي عناصر المجموعة الأولى على مستويات s شبه ممتلئة بالكترونات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني  $s^1$ . في حين تحتوي عناصر المجموعة الثانية على مستويات s ممتلئة باثنين من إلكترونيات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني  $s^2$ . ولأن مستويات s تتسع لإلكترونين على الأكثر فإن فئة s تشتمل على مجموعتين فقط.

**عناصر الفئة - p** وبعد امتلاء المستوى الثانوي s بالكترونات التكافؤ تبدأ هذه الإلكترونات في تعبئة المستوى الثانوي p. وتشمل مجموعات العناصر 13 - 18، في الجدول الدوري، التي لها مستويات p الفرعية الممتلئة كلياً أو جزئياً بالكترونات التكافؤ. ولا يوجد عناصر من فئة p في الدورة الأولى؛ لأن مستويات p الثانوية لا توجد في مستوى الطاقة الرئيس الأول  $n=1$ . والبورون B هو العنصر الأول في فئة p، ويوجد في الدورة الثانية. وتمتد فئة p على مدى ست مجموعات؛ لأن مستويات p الفرعية الثلاثة تتسع لـ 6 إلكترونات على الأكثر. وعناصر المجموعة 18 (الغازات النبيلة) عناصر فريدة في فئة p؛ وذلك لأن ذرات عناصرها مستقرة لدرجة أنها تقريباً لا تتفاعل كيميائياً. ويوضح الجدول 2-4 التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الأربعة الأولى. إن مستويات الطاقة الفرعية s و p في مستويات الطاقة الخارجية لها ممتلئة تماماً بالإلكترونات. وينتج عن هذا التوزيع الإلكتروني استقرار بنائها الذري.

## الشكل 2-9 تاريخ الجدول الدوري

الجدول الدوري الحديث نتاج عمل عدة علماء على مدى قرون، والذين درسوا العناصر واكتشفوا التدرج في خواصها.

1828م بدأ العلماء في اتخاذ الحروف رموزاً للعناصر الكيميائية.

1894-1900م أصبحت الغازات النبيلة - ومنها الأرجون والهيليوم والكريبتون والنيون والزينون والرادون - مجموعة جديدة في الجدول الدوري.

1789م عرّف أنتوني لافوازييه العنصر، وأعد قائمة بالعناصر المعروفة وميّز بين الفلزات واللافلزات.

1869م طور كل من لوثر ماير وديمتري مندليف - كل منهما على حدة - جداول للعناصر، تستند إلى خواصها، وتوقعوا خواص عناصر أخرى غير معروفة.

1913م حدّد هنري موزلي العدد الذري للعناصر المعروفة، وأثبت أن خواص العناصر تتغير بشكل دوري مع العدد الذري.

### الباحث الكيميائي

الكيميائيين النوويين في دراسة أحدث العناصر وأثقلها. وإنتاج عناصر ثقيلة يعمل الكيميائي في المجال النووي مع فريق كبير يشمل فيزيائيين، ومهندسين وهنئين. تنتج العناصر الثقيلة بالتصادمات التي تتم في مسرعات الجسيمات. ويقوم الكيميائي النووي بتحليل نتائج هذه التصادمات لتعرف العناصر وفهم خواصها.

**عناصر الفئة - d** تحتوي على الفلزات الانتقالية، وهي أكبر الفئات. وعلى الرغم من وجود بعض الاستثناءات إلا أن عناصر الفئة d تتميز بامتلاء كلي للمستوى الفرعي s من مستوى الطاقة الرئيس n، وبامتلاء جزئي أو كلي لمستويات d الفرعية من مستوى الطاقة  $n-1$ . وكلما تحركت عبر الدورة تقوم الإلكترونات بعبئة المستوى d. فعلى سبيل المثال، الإسكانديوم Sc أول عناصر الفئة d، له التوزيع الإلكتروني  $[Ar] 4s^2 3d^1$ . أما عنصر التيتانيوم - وهو العنصر الثاني في الجدول - فله التوزيع الإلكتروني  $[Ar] 4s^2 3d^2$ . لاحظ أن المستوى الخارجي s الممتلئ في عنصر التيتانيوم يكون في المستوى الرئيس  $n=4$ ، في حين أن المستوى d شبه الممتلئ يكون في المستوى الرئيس  $n=3$ . ينص مبدأ أوفباو aufbau على أن المستوى 4s له طاقة أقل من طاقة المستوى 3d. لذا فإن المستوى 4s يمتلئ قبل المستوى 3d. ولأن مستويات d الفرعية الخمسة تتسع لـ 10 إلكترونات لذا فإن العناصر فئة d تمتد على مدى 10 مجموعات في الجدول الدوري.

**عناصر الفئة - f** تشتمل على الفلزات الانتقالية الداخلية، وتتميز عناصرها بامتلاء مستوى s الخارجي، وامتلاء أو شبه امتلاء مستويات 4f و 5f. ولوجود 7 مستويات فرعية في المستوى الثاني f فإنه يتسع لـ 14 إلكترونًا بحد أقصى، وبذلك تمتد العناصر فئة f على مدى 14 عمودًا في الجدول الدوري.

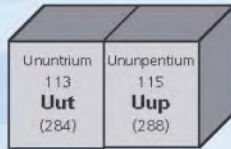
لذا لتحدد الفئات s و p و d و f شكل الجدول الدوري. وكلما انتقلت إلى أسفل في الجدول الدوري يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسة، كما يزداد عدد المستويات الفرعية التي تحتوي على الإلكترونات. لاحظ أن الدورة رقم 1 تحتوي على عناصر الفئة s فقط، في حين تحتوي الدوران الثانية والثالثة على عناصر من الفئتين s، p، أما الدوران الرابعة والخامسة فتحتويان على عناصر من فئات s، p، d، كما تحتوي الدوران السادسة والسابعة على عناصر من فئات s، p، d، f.

لقد استغرق تطوير الجدول الدوري سنين عديدة، وما زالت عملية التطوير جارية؛ حيث يتم تحضير العناصر بطريقة صناعية باستمرار. ارجع إلى الشكل 9-2 لمزيد من المعلومات عن تاريخ الجدول ومساهمات العديد من العلماء في تطويره.

✓ **ماذا قرأت؟** لخص كيف يمكن تعريف كل فئة من الجدول الدوري؟

اجابة سؤال ماذا قرأت :  
تعرّف الفئات حسب مستويات الطاقة الفرعية التي تُملأ بالإلكترونات .

2004م أعلن علماء من روسيا عن اكتشاف العنصرين 113 و 115.



1985م تبنى الاتحاد الدولي لعلوم الكيمياء البحتة والتطبيقية الجدول الدوري الحالي المستخدم في أنحاء العالم.

1940م تم ضم العناصر المحضرة صناعيًا التي لها عدد ذري أكبر من 92 إلى فئة جديدة في الجدول تُسمى الأكتينيدات.

2010

1995

1980

1965

1950

1999م أعلن بعض الباحثين اكتشاف العنصر 114، وسمي أونوكواديوم. ويعتقد العلماء أن هذا العنصر ربما يكون أول العناصر ذات الاستقرار النسبي ضمن العناصر المحضرة صناعيًا.

1969م قام الباحثون في جامعة بيركلي بتحضير أول العناصر الصناعية الأثقل من الأكتينيدات، وفترة عمر النصف له 4.7s وسمي زدرفورديوم.





**التوزيع الإلكتروني والجدول الدوري** لعنصر الإسترانشيوم الذي يستخدم في إضفاء اللون الأحمر على الألعاب النارية، التوزيع الإلكتروني  $5s^2 [Kr]$ . حدد المجموعة والدورة والفئة التي ينتمي إليها عنصر الإسترانشيوم دون استخدام الجدول الدوري.

### 1 تحليل المسألة

لديك التوزيع الإلكتروني لعنصر الإسترانشيوم

#### المعطيات

التوزيع الإلكتروني  $5s^2 [Kr]$

#### المطلوب

المجموعة = ؟      الدورة = ؟      الفئة = ؟

### 2 حساب المطلوب

يشير عدد إلكترونات التكافؤ إلى رقم مجموعة العناصر الممثلة.

يشير رقم أعلى مستوى طاقة إلى رقم الدورة.

يشير  $s^2$  إلى أن إلكترونات تكافؤ الإسترانشيوم تملأ المستوى الثانوي (s)، لذا يوجد عنصر الإسترانشيوم في **الفئة s والمجموعة 2** ويشير رقم 5 في  $5s^2$  إلى أن عنصر الإسترانشيوم يقع في **الدورة 5**

### 3 تقويم الإجابة

تم تطبيق العلاقة بين التوزيع الإلكتروني وموقع العنصر في الجدول الدوري بطريقة صحيحة.

#### مسائل تدريبية

- حدد، دون الرجوع إلى الجدول الدوري، المجموعة والدورة والفئة التي تنتمي إليها ذرات العناصر ذات التوزيع الإلكتروني الآتي:  
 a.  $3s^2 [Ne]$       b.  $2s^2 [He]$       c.  $5s^2 [Kr]$       d.  $6s^2 [Xe]$
- بالرجوع إلى الجدول الدوري، ما الرمز الكيميائي للعناصر التي لها التوزيعات الآتية لإلكترونات تكافؤها:  
 a.  $s^2 d^1$       b.  $s^2 p^3$       c.  $s^2 p^6$       d.  $s^2 d^5$
- تحفيز اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:  
 a. عنصر في المجموعة 2 والدورة 4  
 b. عنصر في المجموعة 12 والدورة 4  
 c. غاز نبيل في الدورة 5  
 d. عنصر في المجموعة 16 والدورة 2

## التقويم 2-2

### الخلاصة

- الجدول الدوري على 4 فئات هي f, d, p, s.
- لعنصر المجموعة الواحدة خواص كيميائية متشابهة.
- عناصر المجموعتين 1 و2 يتطابق فيها عدد إلكترونات التكافؤ مع رقم المجموعة.
- يتطابق رقم مستوى الطاقة الأخير الذي توجد فيه إلكترونات التكافؤ مع رقم الدورة التي يقع فيها العنصر.
- الجدول الدوري يحدد فئات الجدول الدوري؟
- حدد فئة العناصر التي توزيع إلكترونات تكافؤها على النحو الآتي:  
 a.  $s^2 p^4$       b.  $s^1$       c.  $s^2 d^1$       d.  $s^2 p^1$
- توقع عنصر الزينون غاز نبيل لا يتفاعل، ويستخدم في المصابيح الوضائية، وهو رديء التوصيل للحرارة والكهرباء. فهل تتوقع أن يكون عنصر الزينون من الفلزات أو اللافلزات أو أشباه الفلزات؟ وأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.
- فسر لماذا تكون عناصر المجموعة الواحدة متشابهة في خواصها الكيميائية؟
- نمذج ارسم مخططاً بسيطاً للجدول الدوري، وبين فئات s, d, p, f.

8. حدّد- من دون الرجوع إلى الجدول الدوري - المجموعة والدورة والفئة التي تنتمي إليها ذرات العناصر ذات التوزيع الإلكتروني الآتي:

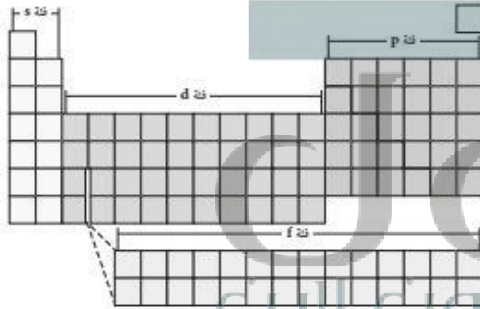
a.  $[Ne] 3s^2$  .b.  $[He] 2s^2$  .c.  $[Kr] 5s^2$

التركيب الإلكتروني	المجموعة	الدورة	الفئة
a. $[Ne] 3s^2$	2	3	s
b. $[He] 2s^2$	2	2	s
c. $[Kr] 5s^2$	2	5	s

14. فسّر لماذا تكون عناصر المجموعة الواحدة متشابهة في خواصها الكيميائية؟

لأن توزيع إلكترونات التكافؤ لها هو نفسه.

15. نمذج ارسم مخططاً بسيطاً للجدول الدوري، وبيّن فئات s، p، d، و f.



الشكل 8-2

ينبغي أن تظهر المخططات مشابهة للشكل 8-2.

9. بالرجوع إلى الجدول الدوري، ما الرمز الكيميائي للعناصر التي لها التوزيعات الآتية للإلكترونات تكافئها:

a.  $s^2d^1$  Sc, Y, La, Ac  
b.  $s^2p^3$  N, P, As, Sb, Bi  
c.  $s^2p^6$  Ne, Ar, Kr, Xe, Rn

10. تحفيّز اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

a. عنصر في المجموعة 2 والدورة 4  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$   
b. عنصر في المجموعة 12 والدورة 4  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$   
c. غاز نبيل في الدورة 5  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6$   
d. عنصر في المجموعة 16 والدورة 2  
 $1s^2 2s^2 2p^4$

## التقويم 2-2

11. فسّر ما الذي يحدّد فئات الجدول الدوري؟  
مستويات الطاقة الفرعية التي تُعبأ بالإلكترونات هي التي تُحدّد فئات الجدول الدوري.

12. حدّد فئة العناصر التي توزيع إلكترونات تكافئها على النحو الآتي:

a.  $s^2p^4$  فئة p .c.  $s^2d^1$  فئة d  
b.  $s^1$  فئة s .d.  $s^2p^1$  فئة p

13. استنتج عنصر الزينون غاز نبيل لا يتفاعل، ويُستخدم في المصابيح الومضية، وهو رديء التوصيل للحرارة والكهرباء. فهل تتوقع أن يكون عنصر الزينون من الفلزّات أو اللافلزّات أو أشباه الفلزّات؟ وأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسّر إجابتك.

يُعدّ عنصر الزينون لاهلّزّاً؛ حيث تقع الغازات النبيلة غير النشطة في المجموعة 18 في الجهة اليمنى من الجدول الدوري.