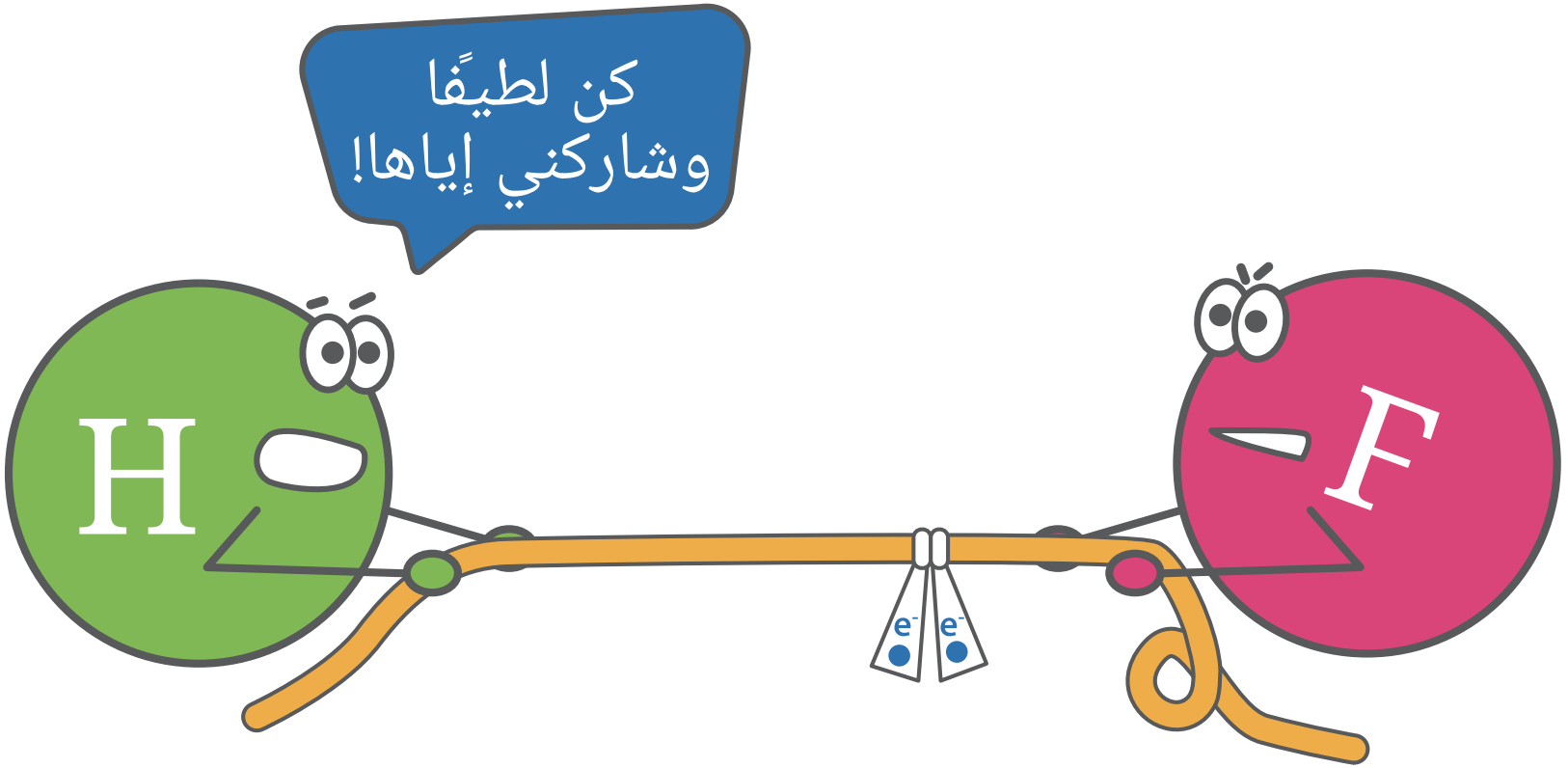
السالبية الكهربية

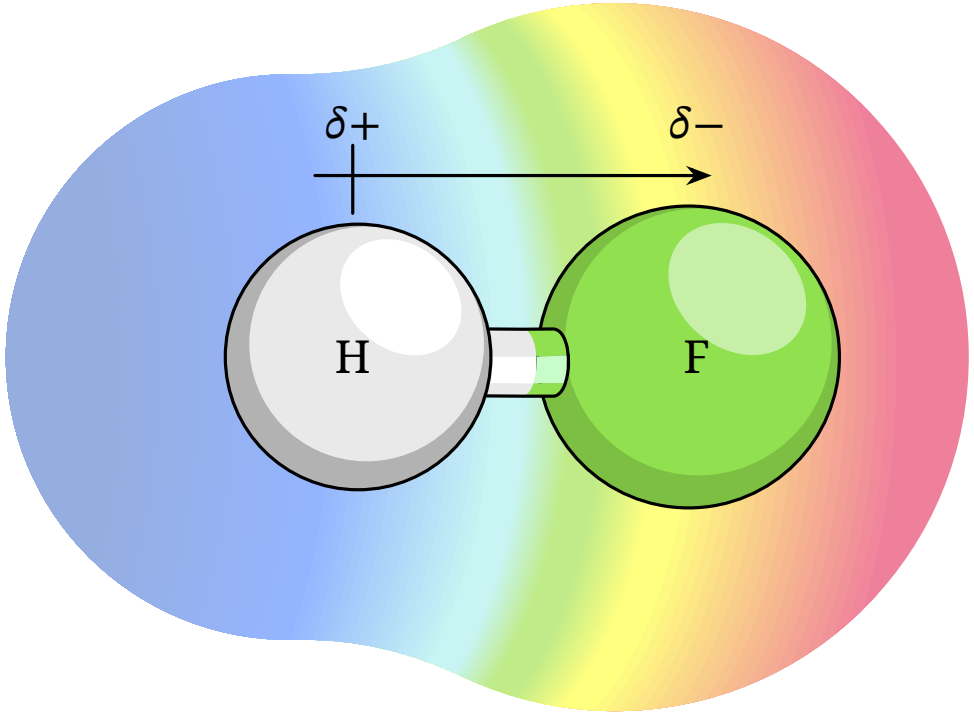


أهداف الدرس

ستتمكَّن من:

- تعريف وفهم مفهوم السالبية الكهربية
- وصف التدرُّج في السالبية الكهربية عبر الجدول الدوري
- استخدام القيم العددية لينوس باولنج للمقارنة بين السالبية الكهربية للعناصر المختلفة
- سرد العوامل التي تؤثِّر على السالبية الكهربية
- توقُّع نوع الرابطة الذي قد يحدث من الفرق في السالبية الكهربية

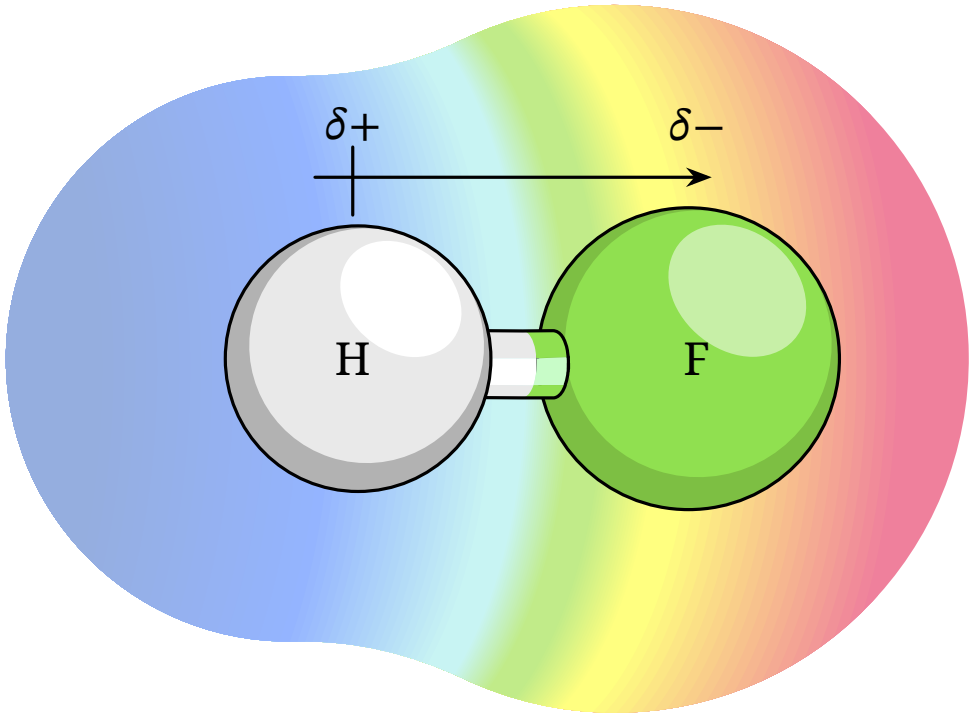
السالبية الكهربية



تقيس السالبية الكهربية ميل ذرةٍ ما إلى جذب زوج من إلكترونات الترابط. بعض الذرات لها قيم مرتفعة نسبيًّا من السالبية الكهربية، وهذا يجعلها تميل إلى سحب كمية كبيرة من الكثافة الإلكترونية من زوج إلكترونات الترابط.

وتوجد ذرات أخرى لها قيم منخفضة كثيرًا من السالبية الكهربية، وهذا يجعلها أقل ميلًا لسحب كمية كبيرة من الكثافة الإلكترونية من زوج إلكترونات الترابط. توضِّح الصورة الآتية كيف تسحب ذرة الفلور، ذات السالبية الكهربية العالية، معظمَ الكثافة الإلكترونية (السحابة الملوَّنة بتدرُّج من الأحمر إلى الأزرق) من الرابطة التساهمية المتكوِّنة بين الفلور والهيدروجين.

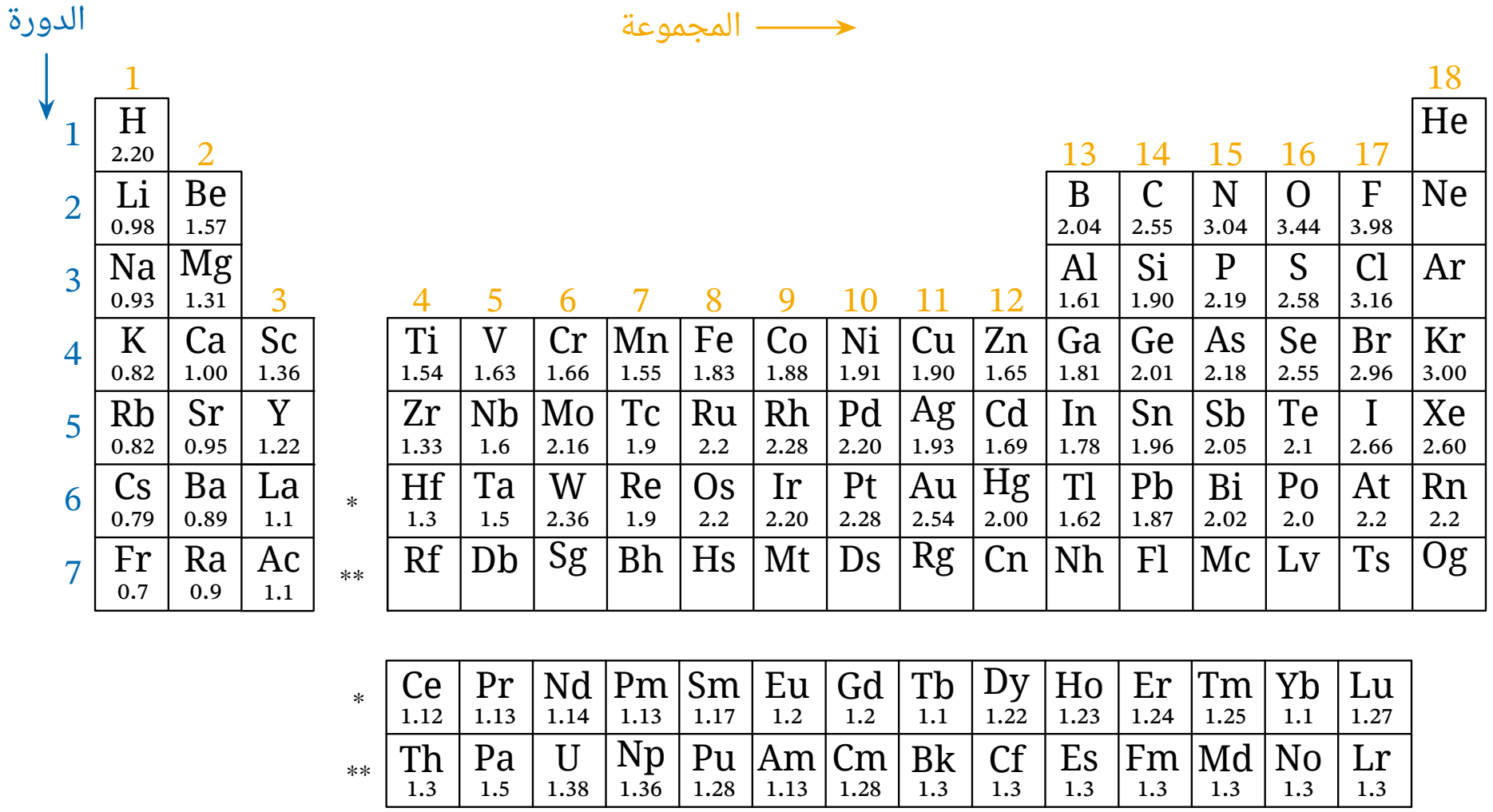
السالبية الكهربية (متابعة)



طوَّر لينوس باولنج مقياسًا للسالبية الكهربية لعناصر الجدول الدوري يعتمد على طاقات تفكُّك الروابط.

يستطيع الكيميائيون أن يستخدموا بيانات تفكُّك الروابط لمختلف المركبات المتجانسة النوى وغير المتجانسة النوى من أجل تحديد الفروق في قِيم السالبية الكهربية.

التدرُّج في السالبية الكهربية عبر الجدول الدوري

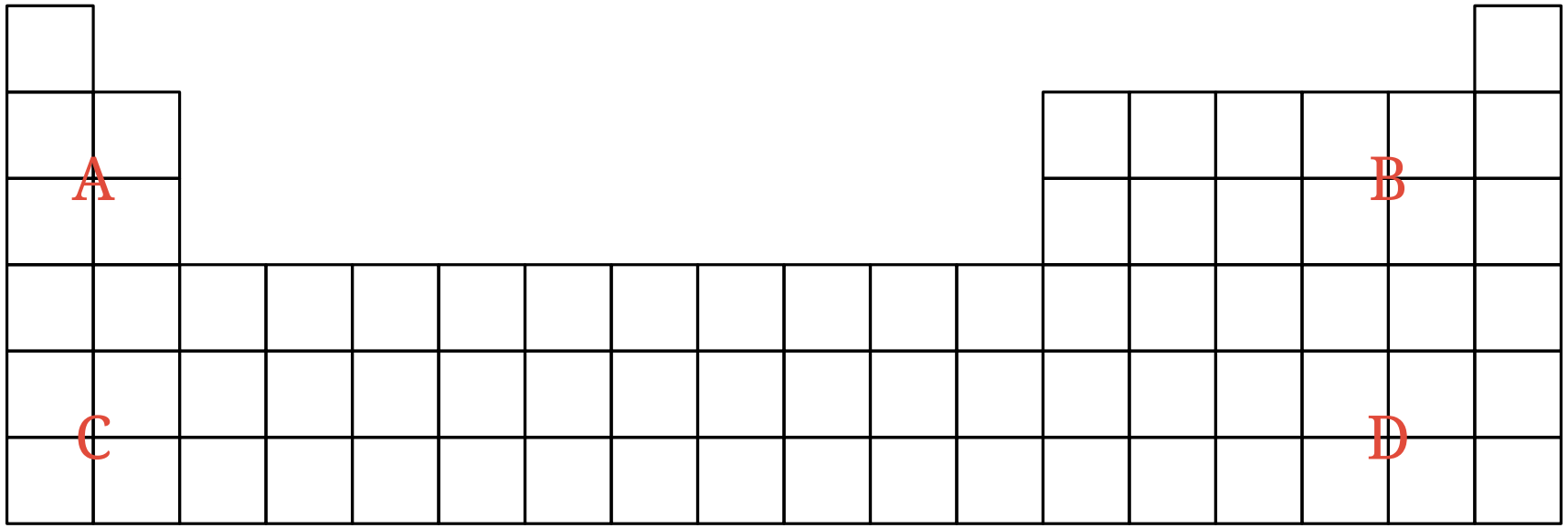


تعريف: السالبية الكهربية

تقيس السالبية الكهربية ميل ذرةٍ ما إلى جذب زوج إلكترونات الترابط من رابطة كيميائية.

مثال ١: تحديد العناصر التي لها أعلى قيم للسالبية الكهربية

أيُّ حرف يقابل عناصر الجدول الدوري التي لها سالبية كهربية أعلى؟



مثال ١ (متابعة)

الحل

تقيس قيم السالبية الكهربية ميل ذرةٍ ما إلى جذب زوج إلكترونات الترابط من رابطة كيميائية.

بصفةٍ عامة، تزداد قيم السالبية الكهربية بحسب مقياس باولنج كلما تحرَّكنا من الطرف الأيسر للجدول الدوري إلى الطرف الأيمن، ومن أسفل الجدول الدوري إلى أعلاه.

يَستخدم الشكل أربعة حروف لتمثيل ما يمكن تسميته بالأركان الأربعة لعناصر الجدول الدوري. يُستخدم الحرف A والحرف B لتمثيل الزاويتين اليسرى العلوية واليمنى العلوية من الجدول الدوري، فيما يُستخدم الحرف C والحرف D لتمثيل الزاويتين اليسرى السفلية، واليمنى السفلية من الجدول الدوري.

لا بد أن يوضِّح الحرف B موضع العناصر التي تأخذ أعلى قيم للسالبية الكهربية بحسب مقياس باولنج؛ لأنها تقع في أعلى الجدول الدوري، وفي أقصى اليمين منه.

مثال ٢: فهم سبب عدم وجود قيم سالبية كهربية لبعض عناصر الغازات النبيلة

لماذا لا توجد قِيَم في مقياس باولنج للسالبية الكهربية للأرجون والنيون والهليوم؟

أ. هذه الغازات النبيلة لها كثافة إلكترونية عالية جدًّا.

ب. هذه الغازات النبيلة عناصر اصطناعية، ولا توجد بكميات كافية لقياسها.

ج. تحتاج هذه الغازات النبيلة إلى طاقة كبيرة جدًّا للتأيُّن.

د. لا تُكوِّن هذه الغازات النبيلة روابط؛ ولذا لا توجد بيانات عن طاقة تفكُّك الروابط.

هـ. توجد هذه الغازات النبيلة في شكل ذرات مُتعادِلة كهربيًّا.

مثال ٢ (متابعة)

الحل

طوَّر لينوس باولنج مقياسًا للسالبية الكهربية للعناصر الكيميائية يعتمد على قيم طاقات تفكُّك الروابط.

ويتعيَّن على الكيميائيين الحصول على بيانات تفكُّك الروابط لمختلف المركبات المتجانسة النوى وغير المتجانسة النوى إذا ما أرادوا تحديد الفروق في قيم السالبية الكهربية.

وبعد ذلك، يمكن استخدام تلك الفروق لتحديد قيم السالبية الكهربية بحسب مقياس باولنج لكل عنصر من العناصر الكيميائية على حدة.

لا تكوِّن أخف ثلاثة غازات نبيلة روابط كيميائية تقليدية في الظروف العادية؛ لذا يعجز الكيميائيون عن الحصول على بيانات تفكُّك الروابط التي يحتاجون إليها لتحديد قيم السالبية الكهربية لكلٍّ منها بحسب مقياس باولنج.

هذا يفسِّر عدم وجود قيم سالبية كهربية لبعض عناصر الغازات النبيلة في الجداول الدورية العادية أو في جداول باولنج للسالبية الكهربية.

هذه العبارات ملخَّصة تلخيصًا بالغًا وواضحًا في الخيار د.

مثال ٣: تحديد أي عنصر له سالبية كهربية مشابهة للألومنيوم

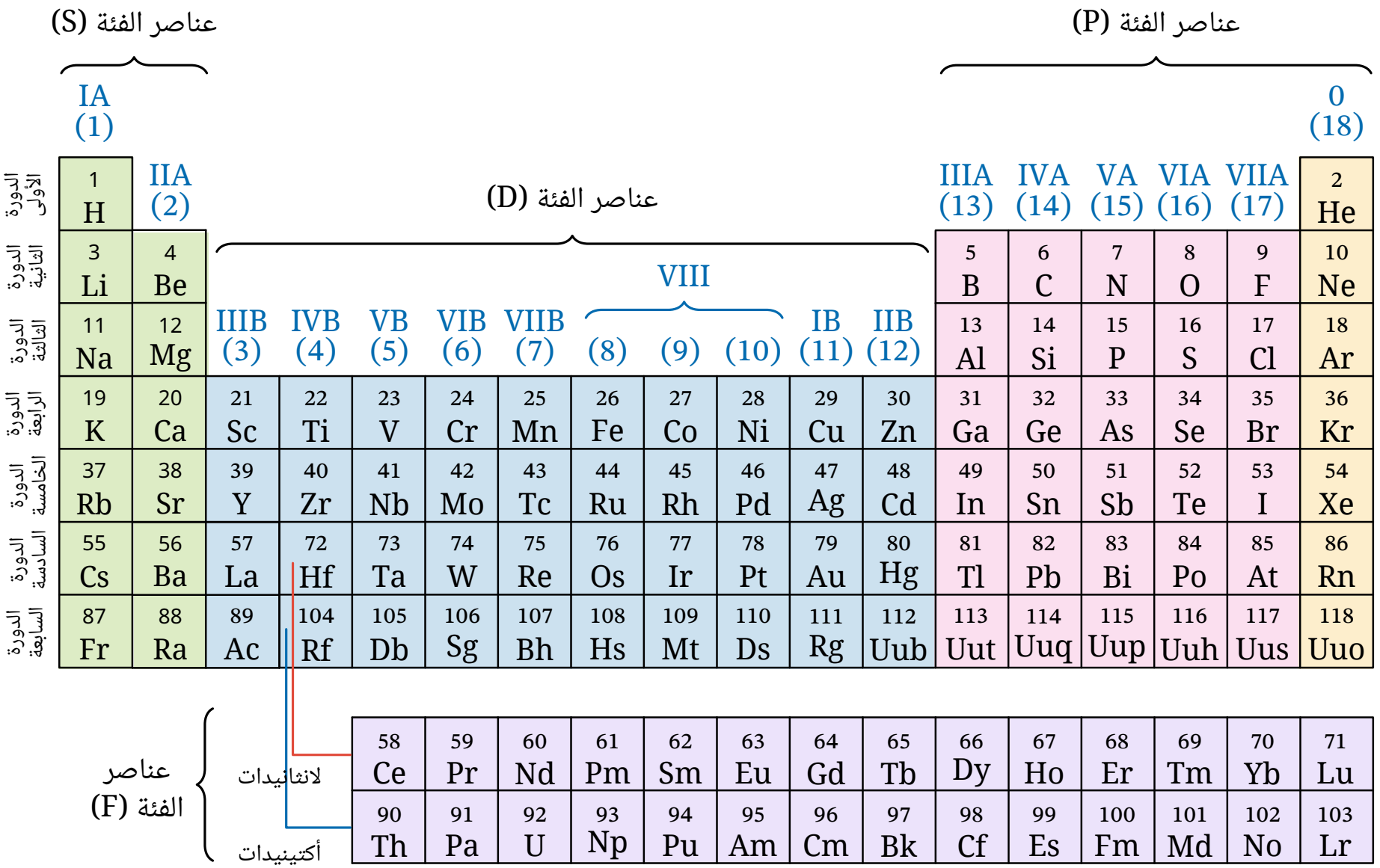
أيُّ عناصر المجموعة 2 له سالبية كهربية مُشابِهة للألومنيوم على الأرجح؟

أ. البريليوم
ب. الكالسيوم
ج. السترونشيوم
د. الباريوم
هـ. المغنيسيوم

مثال ٣ (متابعة)

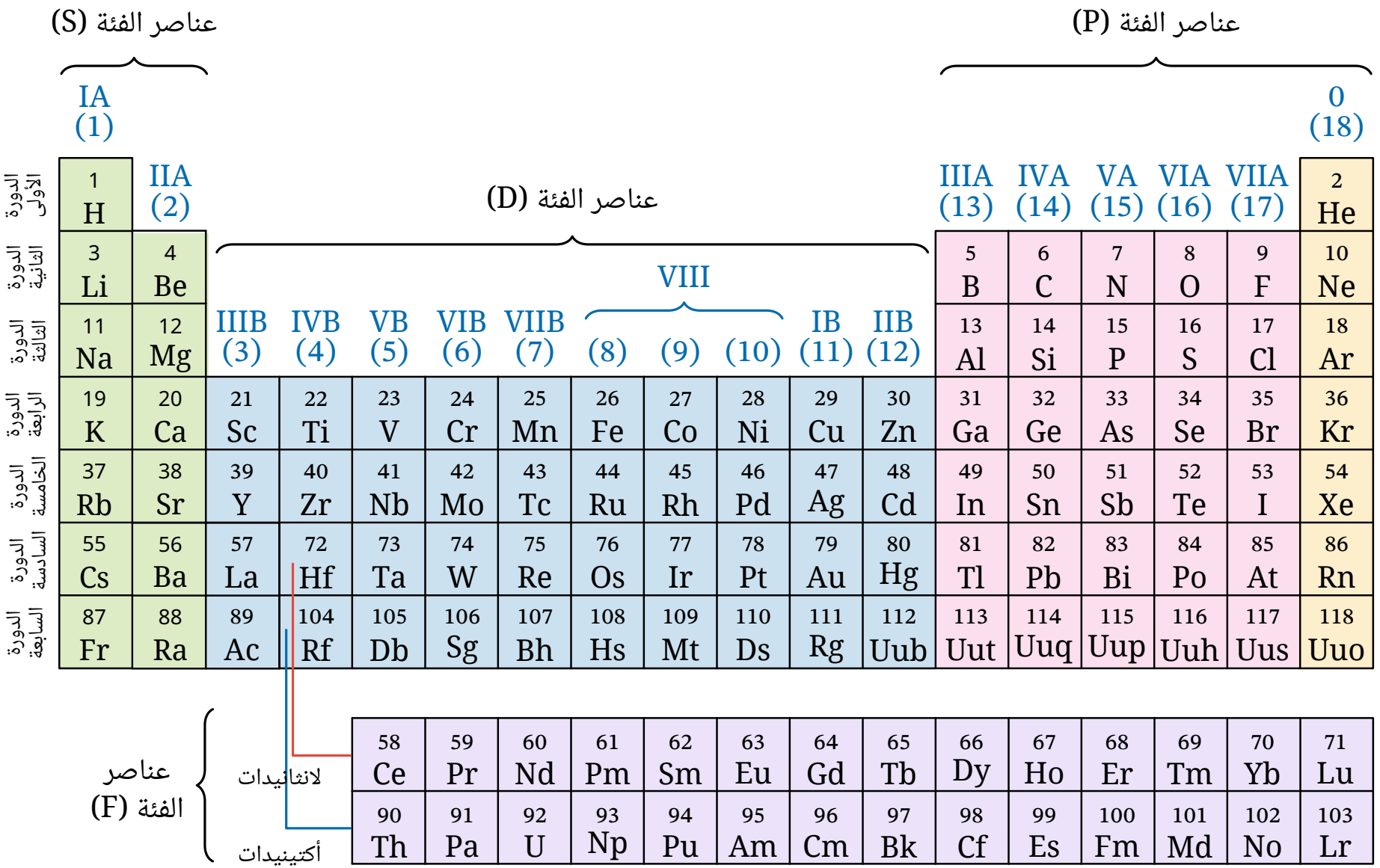
الحل

تميل قيم السالبية الكهربية إلى الازدياد مع زيادة العدد الذري عبر أي دورة. وتميل قيم السالبية الكهربية إلى الازدياد أيضًا كلما تحرَّكنا إلى أعلى في أي مجموعة. وهذا يعني أن قيم السالبية الكهربية تميل إلى الازدياد كلما تحرَّكنا من الطرف السفلي الأيسر للجدول الدوري إلى الطرف العلوي الأيمن له. يوضِّح الشكل المقابل الجدولَ الدوري للعناصر.



مثال ٣ (متابعة)

من الواضح أن الألومنيوم أحد عناصر المجموعة 13، ويمكن إيجاده في الصف الثالث من الجدول الدوري. لكي يكون لأي عنصر سالبية كهربية مماثلة أو مشابهة للألومنيوم، يجب أن يقع بالقرب منه في الجدول الدوري. وتكون السالبية الكهربية للعناصر أقل من الألومنيوم بكثير إذا كانت ملاصقة للسيزيوم أو الفرانسيوم، أو بالقرب من أيٍّ منهما.



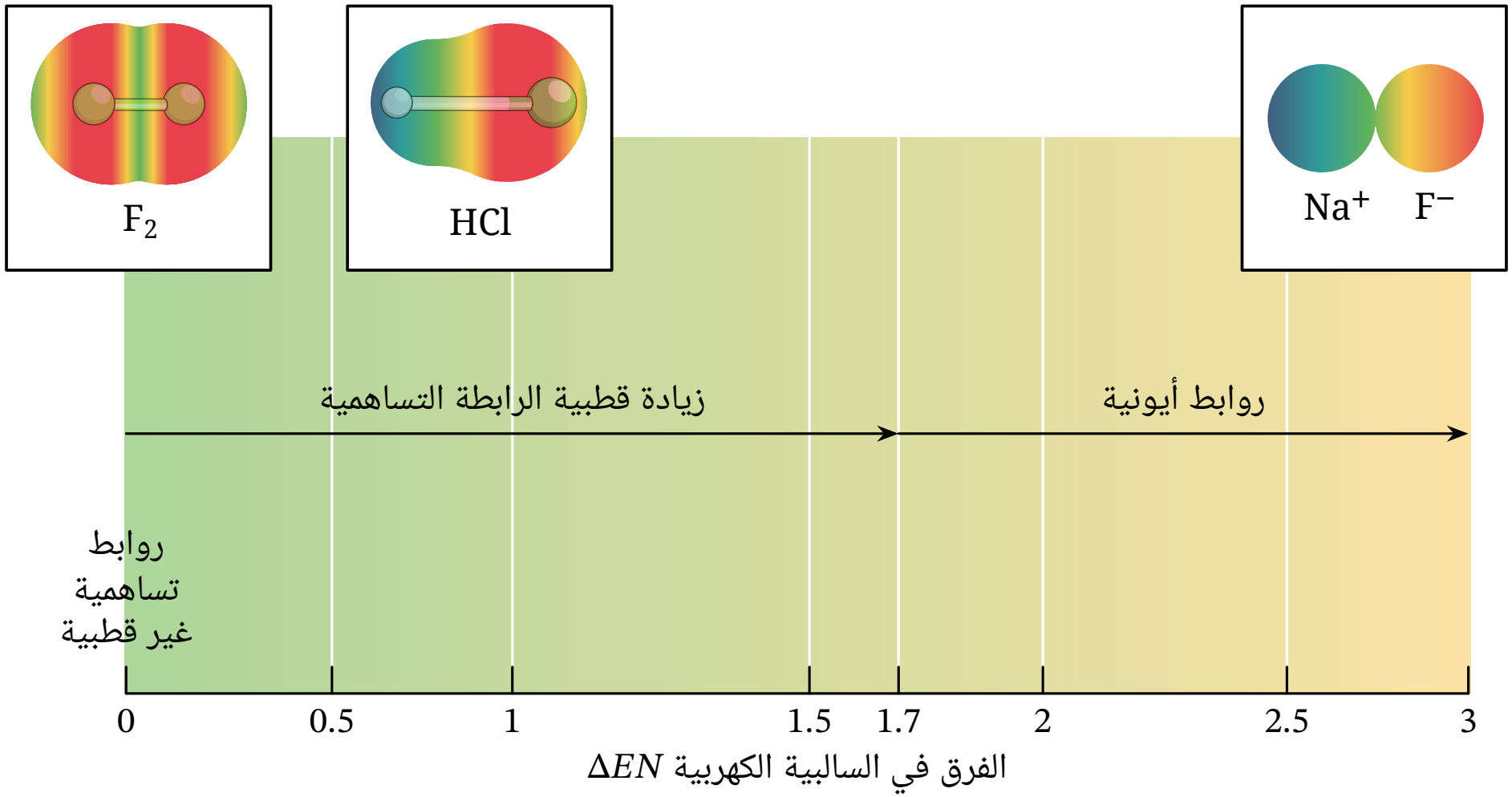
مثال ٣ (متابعة)

توضِّح القائمة خمسة عناصر من المجموعة 2 في الجدول الدوري. يقع البريليوم والمغنيسيوم بالقرب من الألومنيوم نسبيًّا، على عكس الخيارات الأخرى المعطاة. ولذا يمكن استبعاد الخيارات الأخرى؛ لأنها قريبة جدًّا من السيزيوم والفرانسيوم.

لا بد أن تكون السالبية الكهربية للبريليوم أعلى قليلًا من المغنيسيوم؛ لأن البريليوم يقع فوق المغنيسيوم مباشرةً في الجدول الدوري. لا بد أن تكون السالبية الكهربية للألومنيوم أعلى قليلًا من المغنيسيوم؛ لأنه يقع على اليمين الملاصق للمغنيسيوم. ولا بد أن يأخذ الألومنيوم والبريليوم قيمتين متشابهتين للسالبية الكهربية؛ لأن لكلٍّ منهما سالبية كهربية أعلى قليلًا من السالبية الكهربية للمغنيسيوم.

ومن ثَمَّ يمكن استخدام هذا المنطق لتحديد أن الخيار أ هو الإجابة الصحيحة لهذا السؤال.

الفرق في السالبية الكهربية ونوع الرابطة



الفرق في السالبية الكهربية ونوع الرابطة (متابعة)

نوع الرابطة	الفرق في السالبية الكهربية	مثال على الجزيئات
تساهمية نقية	صفر	غاز الهيدروجين (H_2)
تساهمية غير قطبية	أقل من 0.4	الميثان (CH_4)
تساهمية قطبية	بين 0.4 و1.7	فلوريد الهيدروجين (HF)
أيونية	أكبر من 1.7	فلوريد الصوديوم (NaF)

تعريف: الفرق المطلق في قيم السالبية الكهربية (ΔEN)

يمكن تعريف الفرق المطلق في قيم السالبية الكهربية كالآتي: $\Delta EN = |E_1 - E_2|$؛ حيث E_1 وE_2 هما قيمتا السالبية الكهربية لعنصرين مترابطين كيميائيًّا.

مثال ٤: التنبؤ بنوع الرابطة التي تتكون بين عنصرين مختلفين

الفرق في السالبية الكهربية بين ذرتين لعنصرين مختلفين يساوي 0.2، باستخدام قِيَم من مقياس باولنج. ما نوع الرابطة التى تتكوَّن بين هاتين الذرتين في تفاعل كيميائي على الأرجح؟

أ. رابطة تساهمية غير قطبية

ب. رابطة قطبية

ج. رابطة أيونية

مثال ٤ (متابعة)

الحل

يمكن إيجاد الفرق المطلق في قيم السالبية الكهربية باستخدام المعادلة $\Delta EN = |E_1 - E_2|$؛ حيث E_1 وE_2 هما قيمتا السالبية الكهربية لعنصرين مترابطين كيميائيًّا. تميل المركبات إلى تكوين روابط تساهمية عندما تكون ΔEN أقل من 1.7، وتكوين روابط أيونية عندما تكون ΔEN أكبر من 1.7. ويمكن أيضًا استخدام الفرق المطلق في قيم السالبية الكهربية لتحديد إذا ما كانت أزواج إلكترونات الترابط متشاركة تشاركًا متساويًا أو غير متساوٍ بين ذرتين مترابطتين تساهميًّا. تميل المركبات إلى تكوين روابط تساهمية غير قطبية عندما تكون ΔEN أقل من 0.4، وروابط تساهمية قطبية عندما تكون ΔEN أكبر من 0.4 وأقل من 1.7.

مثال ٤ (متابعة)

يتناول هذا السؤال ذرتين الفرقُ المطلق بين قيمتَي السالبية الكهربية لكلٍّ منهما أقل من 0.4. حيث إنه يناقش ذرتين؛ الفرق المطلق بين قيمتَي السالبية الكهربية لكلٍّ منهما يساوي 0.2. من المتوقع أن تُكوِّن الذرتان رابطة تساهمية غير قطبية؛ لأن $\Delta EN < 0.4$.
ومن ثَمَّ يمكن استخدام العبارات السابقة لتحديد أن الخيار أ هو الإجابة الصحيحة لهذا السؤال.

مثال ٥: تحديد أي نظام له الفرق الأكبر في قيم السالبية الكهربية

أيُّ الجزيئات الثنائية الذرة الآتية يُرجَّح أن يكون الفرق في السالبية الكهربية بين ذراته أكبر؟

أ. HBr

ب. O_2

ج. CO

د. CsF

هـ. HF

مثال ٥ (متابعة)

الحل

يُحدَّد الفرق في قيم السالبية الكهربية بالمعادلة $\Delta EN = |E_1 - E_2|$؛ حيث E_1 وE_2 قيمتا السالبية الكهربية لعنصرين مترابطين كيميائيًّا.

الخيار ب هو جزيء الأكسجين الثنائي الذرة (O_2). الخيار ب لا يمكن أن يكون الإجابة الصحيحة لهذا السؤال؛ لأن جزيئات الأكسجين تحتوي على ذرتين لهما قيمتان متطابقتان من السالبية الكهربية.

الخيار ج هو جزيء أول أكسيد الكربون (CO). لا يمكن أن يكون الخيار ج الإجابة الصحيحة لهذا السؤال؛ لأن جزيئات أول أكسيد الكربون (CO) تحتوي على كربون وأكسجين. والكربون والأكسجين من اللافلزات، وكلاهما ينتمي إلى الدورة 2. لذا لا بد أن تكون قيمتا السالبية الكهربية لكلٍّ منهما متشابهتين جدًّا.

الخيار أ هو جزيء بروميد الهيدروجين (HBr) والخيار هـ هو جزيء فلوريد الهيدروجين (HF). يمكن استبعاد الخيار أ مقارنةً بالخيار هـ.

مثال ٥ (متابعة)

يُعَد كلٌّ من فلوريد الهيدروجين وبروميد الهيدروجين من هاليدات الهيدروجين، لكنَّ فلوريد الهيدروجين يحتوي على عنصر الفلور ذي السالبية الكهربية العالية، ويحتوي بروميد الهيدروجين على عنصر البروم ذي السالبية الكهربية المنخفضة. من المتوقع أن تكون قيمة ΔEN لفلوريد الهيدروجين أعلى؛ لأنه يحتوي على عنصر الهالوجين ذي السالبية الكهربية العالية.

الخيار د هو جزيء فلوريد السيزيوم (CsF). يمكن استبعاد الخيار هـ مقارنةً بالخيار د. يحتوي كلٌّ من فلوريد الهيدروجين وفلوريد السيزيوم على ذرة الفلور ذات السالبية الكهربية العالية، لكن الفلور مترابط مع السيزيوم في فلوريد السيزيوم، ومترابط مع الهيدروجين في فلوريد الهيدروجين. السيزيوم له سالبية كهربية أقل بكثير من الهيدروجين؛ لأنه أقرب منه إلى الركن الأيسر السفلي للجدول الدوري. لذا لا بد أن تكون قيمة ΔEN لفلوريد السيزيوم أعلى؛ لأن السيزيوم له سالبية كهربية أقل بكثير من الهيدروجين.

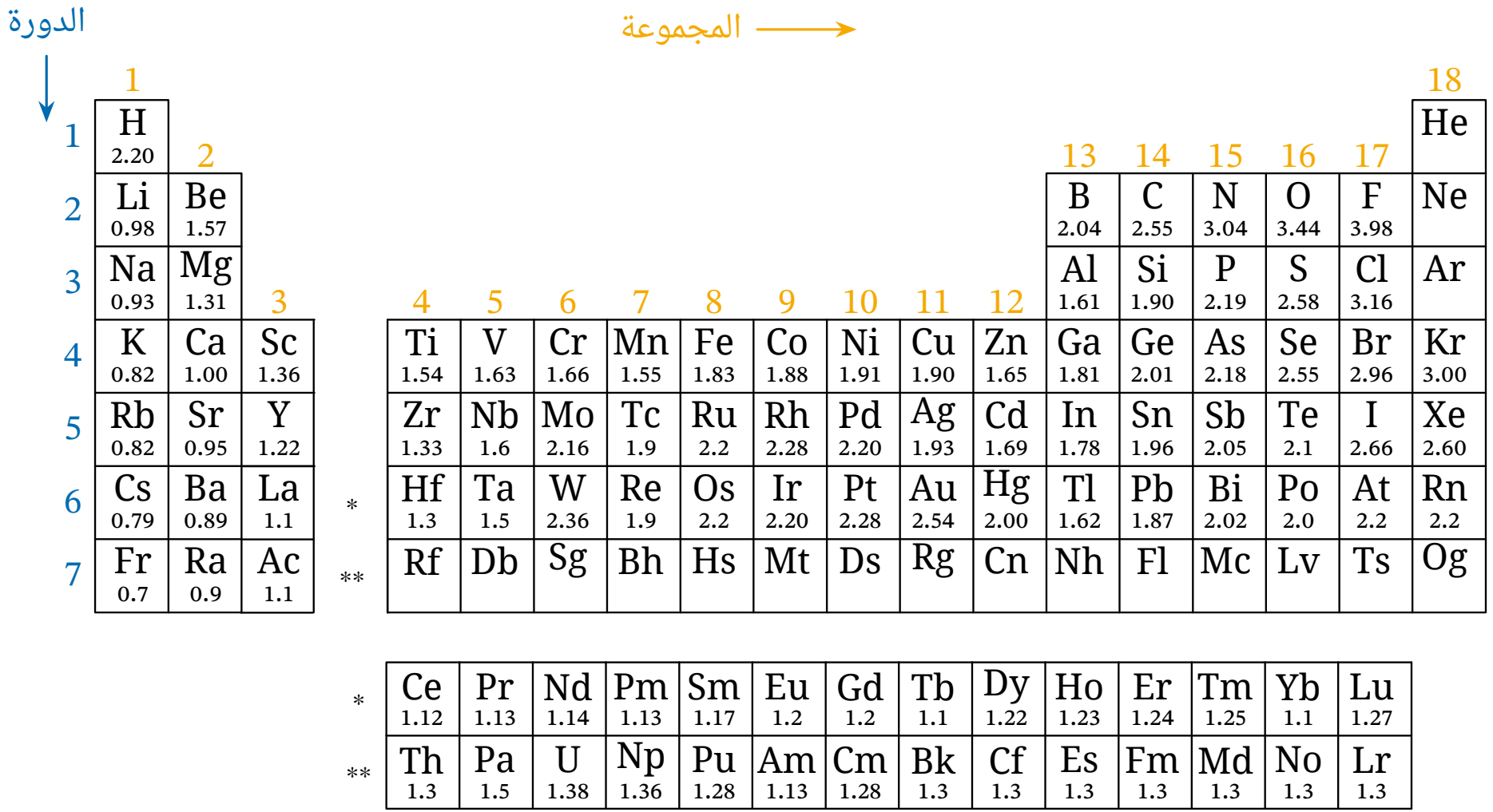
يمكن استخدام هذا المنطق لتحديد أن فلوريد السيزيوم هو الإجابة الصحيحة لهذا السؤال. ومن ثَمَّ يمكننا استنتاج أن الخيار د هو الإجابة الصحيحة.

يوضِّح الجزء الآتي كيف يمكن استنتاج الإجابة بطريقة مختلفة.

إنه يبيِّن كيف يمكن الإجابة عن السؤال من خلال إجراء عملية حسابية بسيطة، بالتعويض بقيم السالبية الكهربية في هذه الصيغة: $\Delta EN = |E_1 - E_2|$.

مثال ٥ (متابعة)

يوضِّح الجدول الموجود في شريحة العرض التالية قيم باولنج للسالبية الكهربية المطلوبة لتحديد قيمة ΔEN لجميع المركبات المُعطاة. يمكن إيجاد هذه البيانات من الشكل الآتي:



مثال ٥ (متابعة)

يتحدَّد الفرق المطلق في قيم السالبية الكهربية بالصيغة $\Delta EN = |E_1 - E_2|$.

العنصر	مقياس باولنج للسالبية الكهربية
F	3.98
O	3.44
Br	2.96
C	2.55
H	2.20
Cs	0.79

مثال ٥ (متابعة)

أول عملية حسابية نُجريها لإيجاد ΔEN هي لبروميد الهيدروجين (HBr). الفرق في السالبية الكهربية ΔEN لبروميد الهيدروجين تساوي 0.76؛ لأن $\Delta EN = 0.76$، عندما يكون $E_1 = 2.96$ و$E_2 = 2.20$.

العملية الحسابية الثانية لإيجاد ΔEN هي للأكسجين الثنائي الذرة (O_2). الفرق في السالبية الكهربية ΔEN للأكسجين الثنائي الذرة تساوي 0.00؛ لأن $\Delta EN = 0.00$، عندما يكون $E_1 = 3.44$ و$E_2 = 3.44$.

والعملية الحسابية الثالثة لإيجاد ΔEN هي لأول أكسيد الكربون (CO). الفرق في السالبية الكهربية ΔEN لأول أكسيد الكربون تساوي 0.89؛ لأن $\Delta EN = 0.89$، عندما يكون $E_1 = 3.44$ و$E_2 = 2.55$.

والعملية الحسابية الرابعة لإيجاد ΔEN هي لفلوريد السيزيوم (CsF). الفرق في السالبية الكهربية ΔEN لفلوريد السيزيوم تساوي 3.19؛ لأن $\Delta EN = 3.19$، عندما يكون $E_1 = 3.98$ و$E_2 = 0.79$.

العملية الحسابية الخامسة لإيجاد ΔEN هي لفلوريد الهيدروجين (HF). الفرق في السالبية الكهربية ΔEN لفلوريد الهيدروجين تساوي 1.78؛ لأن $\Delta EN = 1.78$، عندما يكون $E_1 = 3.98$ و$E_2 = 2.20$.

يمكن مقارنة هذه العمليات الحسابية بعضها ببعض لتحديد أن فلوريد السيزيوم له الفرق المطلق الأكبر في السالبية الكهربية. طبَّقنا هنا طريقتين مختلفتين لتوضيح أن الخيار د هو الإجابة الصحيحة لهذا السؤال.

النقاط الرئيسية

- تقيس السالبية الكهربية ميل ذرةٍ ما إلى جذب زوج إلكترونات الترابط من رابطة كيميائية.
- تميل قيم السالبية الكهربية إلى الازدياد مع زيادة العدد الذري عبر أي دورة؛ لأن العناصر الموجودة في أقصى اليمين لها ذرات أصغر من العناصر الموجود على اليسار.
- تميل قيم السالبية الكهربية إلى الازدياد كلما تحرَّكنا إلى أعلى في أي مجموعة؛ لأن العناصر التي تقع بالقرب من قمة الجدول الدوري صغيرة، والعناصر التي تقع بالقرب من أسفل الجدول الدوري كبيرة.
- تحتوي الغازات النبيلة على أكثر التوزيعات الإلكترونية استقرارًا، وبعضها ليس له قيم سالبية كهربية.
- يرتبط نوع الترابط بصورة وثيقة بالفرق المطلق بين قيم السالبية الكهربية.
- يميل أي عنصرين إلى تكوين مركبات أيونية عندما يكون الفرق المطلق في قيمتَي السالبية الكهربية بين كلٍّ منهما أكبر من 1.7.
- يميل أي عنصرين إلى تكوين مركبات تساهمية غير قطبية عندما يكون الفرق المطلق في قيمتَي السالبية الكهربية بين كلٍّ منهما أقل من 0.4.
- يميل أي عنصرين إلى تكوين مركبات تساهمية قطبية عندما يكون الفرق المطلق في قيمتَي السالبية الكهربية بين كلٍّ منهما بين 0.4 و1.7.