**Lernaufgabe zum Thema „Elektronenhülle“**

**Die Aufgabenstellung:**

Versetze dich gedanklich in das Jahr 1912. Stelle dir vor, Rutherford hätte dir sein Atommodell soeben vorgestellt. Du stellst schnell fest, dass sich dieses Modell zur Erklärung verschiedener Ionisierungsenergien nicht anwenden lässt und keine Aussagen über die Anordnung der Elektronen in de Hülle macht. Deine Aufgabe ist es nun, - als Forscher - ein mögliches Elektronenhüllen-Modell zu entwerfen, mit dem du die verschiedenen Ionisierungsenergien deuten können.

Gehe dabei in folgenden Schritten vor:

1. Die Ionisierungsenergien des Schwefelatoms sind im folgenden Diagramm dargestellt. Welche Besonderheiten kannst du feststellen?

Wie müssen die Elektronen in der Hülle angeordnet sein, damit diese Ionisationsenergien erklärt werden können? Zeichne ein Schwefelatom mit der Verteilung der Elektronen.

Beachte dabei:

*Je höher die Ionisierungsenergie, desto geringer ist der Energiezustand der Elektronen und desto näher sind sie am Kern.*

1. In der folgenden Tabelle sind die Ionisierungsenergien der ersten 20 Elemente wiedergegeben. Markiere in dieser Tabelle auffällige Unregelmäßigkeiten, bzw. Regelmäßigkeiten. Kannst du die Resultate, die du für das Schwefelatom gefunden hast, verallgemeinern?

**Ionisierungsenergien der ersten 20 Elemente**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **Sym­bol** | ***Ionisierungsenergie in eV\**** | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | **1.** | **2.** | **3.** | **4.** | **5.** | **6.** | **7.** | **8.** | **9.** | **10** | **11.** | **12.** | **13.** | **14.** | **15.** |
|  |  | **abgespaltenes Elektron** | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | **H** | 13.6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | **He** | 24.6 | 54.4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | **Li** | 5.4 | 75.6 | 122.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | **Be** | 9.3 | 18.2 | 153.9 | 217.7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | **B** | 8.3 | 25.2 | 37.9 | 259.4 | 340.2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | **C** | 11.3 | 24.4 | 47.9 | 64.5 | 392.1 | 490.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | **N** | 14.5 | 29.6 | 47.5 | 77.5 | 97.9 | 552.1 | 667.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | **O** | 13.6 | 35.1 | 54.9 | 77.4 | 113.9 | 138.1 | 739.3 | 871.4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | **F** | 17.4 | 35.0 | 62.7 | 87.1 | 114.2 | 157.2 | 185.2 | 953.7 | 1103.1 |  |  |  |  |  |  |
| 10 | **Ne** | 21.6 | 41.0 | 63.5 | 97.1 | 126.2 | 157.9 | 207.3 | 239.0 | 1195.8 | 1362.2 |  |  |  |  |  |
| 11 | **Na** | 5.1 | 47.3 | 71.6 | 98.9 | 138.4 | 172.2 | 208.5 | 264.2 | 299.9 | 1465.1 | 1648.7 |  |  |  |  |
| 12 | **Mg** | 7.6 | 15.0 | 80.1 | 109.2 | 141.3 | 186.5 | 224.9 | 265.9 | 328.0 | 367.5 | 1761.8 | 1962.6 |  |  |  |
| 13 | **Al** | 6.0 | 18.8 | 28.4 | 120.0 | 153.7 | 190.5 | 241.4 | 284.6 | 330.2 | 398.6 | 442.1 | 2085.9 | 2304.0 |  |  |
| 14 | **Si** | 8.1 | 16.3 | 33.5 | 45.1 | 166.7 | 205.0 | 246.5 | 303.2 | 351.1 | 404.4 | 476.1 | 523.5 | 2437.7 | 2673.1 |  |
| 15 | **P** | 10.5 | 19.7 | 30.2 | 51.4 | 65.0 | 220.4 | 263.2 | 309.4 | 371.7 | 424.5 | 479.6 | 560.4 | 611.9 | 2816.9 | 3069.8 |
| 16 | **S** | 10.4 | 23.4 | 35.0 | 47.3 | 72.5 | 88.0 | 281.0 | 328.8 | 379.1 | 447.1 | 504.8 | 564.6 | 651.6 | 707.1 | 3223.8 |
| 17 | **Cl** | 13.0 | 23.8 | 39.9 | 53.5 | 67.8 | 97.0 | 114.2 | 348.3 | 400.1 | 455.6 | 529.3 | 592.0 | 656.7 | 749.7 | 809.4 |
| 18 | **Ar** | 15.8 | 27.6 | 40.9 | 59.8 | 75.0 | 91.3 | 124.0 | 143.5 | 422.4 | 478.7 | 539.0 | 618.2 | 686.0 | 755.7 | 854.8 |
| 19 | **K** | 4.3 | 31.8 | 45.7 | 60.9 | 83.0 | 100.0 | 117.6 | 155.0 | 176.0 | 503.4 | 564.1 | 629.1 | 714.0 | 787.1 | 861.8 |
| 20 | **Ca** | 6.1 | 11.9 | 50.9 | 67.0 | 84.4 | 108.8 | 127.7 | 147.2 | 188.5 | 211.3 | 591.3 | 656.4 | 726.0 | 816.6 | 895.1 |

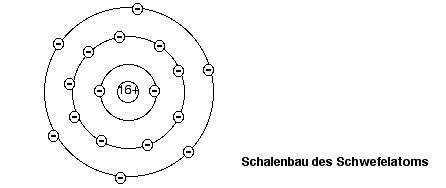
Tabelle entnommen aus: Christen H.-R.: Chemie auf dem Weg in die Zukunft. Frankfurt a. M. 1988, S. 57 (Verlag Sauerländer AG).

\* Ionisierungsenergien werden oft in der Einheit eV („Elektronenvolt“) angegeben. 1 eV ist die Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen der Spannung 1 Volt erhält. 1 eV = 96,37 kJ/mol

**Auswertung der Lernaufgabe**

**Lösung der Aufgabe 1:**

Die Schüler und Schülerinnen sollten feststellen, dass die Ionisationsenergien zum Teil sprunghaft zunehmen. Sie sollen daraus den Schluss ziehen, dass sich die Elektronen gruppenweise unterschiedlich weit vom Kern entfernt aufhalten. Man gelangt zum **Schalenmodell** für das Schwefelatom:



**Lösung der Aufgabe 2:**

1. Die Elektronen, die am wenigsten Energie zum Verlassen der Elektronenhülle benötigen, sind am weitesten vom Kern entfernt sind. Die Wechselwirkung des positiv geladenen Kerns mit den negativ geladenen Elektronen ist umso geringer, je weiter die Elektronen vom Kern entfernt sind.
2. Wird ein Elektron aus einer kernnäheren Schale abgetrennt, so muss wegen der stärkeren Anziehung der Elektronen durch den Atomkern sehr viel mehr Energie aufgewendet werden. In der Tabelle der Ionisierungsenergien macht sich dies in einem „Energiesprung“ bemerkbar.
3. Die Elektronen stossen sich gegenseitig ab. Innerhalb einer Schale nehmen die Ionisierungsenergien zu, weil die Anziehung eines Elektrons durch den Kern konstant bleibt, die Abstossung durch die anderen Elektronen jedoch abnimmt.
4. Jede Schale ist maximal mit einer ganz bestimmten Anzahl Elektronen besetzt. Dieser Aufbau ist bei allen Atomen identisch. Nach Markierung der Tabelle können die Schüler und Schülerinnen die Besetzungszahlen der einzelnen Schalen erkennen: Die innerste Schale ist mit maximal zwei Elektronen besetzt (grösste Ionisationsenergien), die zweite mit maximal acht (niedrigere Ionisationsenergien). usw.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **Sym­bol** | ***Ionisierungsenergie in eV*** | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | **1.** | **2.** | **3.** | **4.** | **5.** | **6.** | **7.** | **8.** | **9.** | **10** | **11.** | **12.** | **13.** | **14.** | **15.** |
|  |  | **abgespaltenes Elektron** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | **H** | 13.6 | 1 = Elektronenzahl | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | **He** | 24.6 | 54.4 | 2 = Elektronenzahl | | | | | | | | | | | | |
| 3 | **Li** | 5.4 | 75.6 | 122.5 | 1 + 2 = 3 = Elektronenzahl | | | | | | | | | | | |
| 4 | **Be** | 9.3 | 18.2 | 153.9 | 217.7 | 2 + 2 = 4 = Elektronenzahl | | | | | | | | | | |
| 5 | **B** | 8.3 | 25.2 | 37.9 | 259.4 | 340.2 | 3 + 2 = 5 = Elektronenzahl | | | | | | | | | |
| 6 | **C** | 11.3 | 24.4 | 47.9 | 64.5 | 392.1 | 490.0 | 4 + 2 = 6 = Elektronenzahl | | | | | | | | |
| 7 | **N** | 14.5 | 29.6 | 47.5 | 77.5 | 97.9 | 552.1 | 667.0 | 5 + 2 = 7 = Elektronenzahl | | | | | | | |
| 8 | **O** | 13.6 | 35.1 | 54.9 | 77.4 | 113.9 | 138.1 | 739.3 | 871.4 | 6 + 2 = 8 = Elektronenzahl | | | | | | |
| 9 | **F** | 17.4 | 35.0 | 62.7 | 87.1 | 114.2 | 157.2 | 185.2 | 953.7 | 1103.1 | 7 + 2 = 9 = Elektronenzahl | | | | | |
| 10 | **Ne** | 21.6 | 41.0 | 63.5 | 97.1 | 126.2 | 157.9 | 207.3 | 239.0 | 1195.8 | 1362.2 | 8 + 2 = 10 = Elektronenzahl | | | | |
| 11 | **Na** | 5.1 | 47.3 | 71.6 | 98.9 | 138.4 | 172.2 | 208.5 | 264.2 | 299.9 | 1465.1 | 1648.7 | 1+8+2= 11= Elektronenzahl | | | |
| 12 | **Mg** | 7.6 | 15.0 | 80.1 | 109.2 | 141.3 | 186.5 | 224.9 | 265.9 | 328.0 | 367.5 | 1761.8 | 1962.6 | 2+8+2=12 | | |
| 13 | **Al** | 6.0 | 18.8 | 28.4 | 120.0 | 153.7 | 190.5 | 241.4 | 284.6 | 330.2 | 398.6 | 442.1 | 2085.9 | 2304.0 | 3+8+2=13 | |
| 14 | **Si** | 8.1 | 16.3 | 33.5 | 45.1 | 166.7 | 205.0 | 246.5 | 303.2 | 351.1 | 404.4 | 476.1 | 523.5 | 2437.7 | 2673.1 | 4+8+2 |
| 15 | **P** | 10.5 | 19.7 | 30.2 | 51.4 | 65.0 | 220.4 | 263.2 | 309.4 | 371.7 | 424.5 | 479.6 | 560.4 | 611.9 | 2816.9 | 3069.8 |
| 16 | **S** | 10.4 | 23.4 | 35.0 | 47.3 | 72.5 | 88.0 | 281.0 | 328.8 | 379.1 | 447.1 | 504.8 | 564.6 | 651.6 | 707.1 | 3223.8 |
| 17 | **Cl** | 13.0 | 23.8 | 39.9 | 53.5 | 67.8 | 97.0 | 114.2 | 348.3 | 400.1 | 455.6 | 529.3 | 592.0 | 656.7 | 749.7 | 809.4 |
| 18 | **Ar** | 15.8 | 27.6 | 40.9 | 59.8 | 75.0 | 91.3 | 124.0 | 143.5 | 422.4 | 478.7 | 539.0 | 618.2 | 686.0 | 755.7 | 854.8 |
| 19 | **K** | 4.3 | 31.8 | 45.7 | 60.9 | 83.0 | 100.0 | 117.6 | 155.0 | 176.0 | 503.4 | 564.1 | 629.1 | 714.0 | 787.1 | 861.8 |
| 20 | **Ca** | 6.1 | 11.9 | 50.9 | 67.0 | 84.4 | 108.8 | 127.7 | 147.2 | 188.5 | 211.3 | 591.3 | 656.4 | 726.0 | 816.6 | 895.1 |

**Ionisierungsenergien der ersten 20 Elemente**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **Sym­bol** | ***Ionisierungsenergie in eV\**** | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | **1.** | **2.** | **3.** | **4.** | **5.** | **6.** | **7.** | **8.** | **9.** | **10** | **11.** | **12.** | **13.** | **14.** | **15.** |
|  |  | **abgespaltenes Elektron** | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | **H** | 13.6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | **He** | 24.6 | 54.4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | **Li** | 5.4 | 75.6 | 122.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | **Be** | 9.3 | 18.2 | 153.9 | 217.7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | **B** | 8.3 | 25.2 | 37.9 | 259.4 | 340.2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | **C** | 11.3 | 24.4 | 47.9 | 64.5 | 392.1 | 490.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | **N** | 14.5 | 29.6 | 47.5 | 77.5 | 97.9 | 552.1 | 667.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | **O** | 13.6 | 35.1 | 54.9 | 77.4 | 113.9 | 138.1 | 739.3 | 871.4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | **F** | 17.4 | 35.0 | 62.7 | 87.1 | 114.2 | 157.2 | 185.2 | 953.7 | 1103.1 |  |  |  |  |  |  |
| 10 | **Ne** | 21.6 | 41.0 | 63.5 | 97.1 | 126.2 | 157.9 | 207.3 | 239.0 | 1195.8 | 1362.2 |  |  |  |  |  |
| 11 | **Na** | 5.1 | 47.3 | 71.6 | 98.9 | 138.4 | 172.2 | 208.5 | 264.2 | 299.9 | 1465.1 | 1648.7 |  |  |  |  |
| 12 | **Mg** | 7.6 | 15.0 | 80.1 | 109.2 | 141.3 | 186.5 | 224.9 | 265.9 | 328.0 | 367.5 | 1761.8 | 1962.6 |  |  |  |
| 13 | **Al** | 6.0 | 18.8 | 28.4 | 120.0 | 153.7 | 190.5 | 241.4 | 284.6 | 330.2 | 398.6 | 442.1 | 2085.9 | 2304.0 |  |  |
| 14 | **Si** | 8.1 | 16.3 | 33.5 | 45.1 | 166.7 | 205.0 | 246.5 | 303.2 | 351.1 | 404.4 | 476.1 | 523.5 | 2437.7 | 2673.1 |  |
| 15 | **P** | 10.5 | 19.7 | 30.2 | 51.4 | 65.0 | 220.4 | 263.2 | 309.4 | 371.7 | 424.5 | 479.6 | 560.4 | 611.9 | 2816.9 | 3069.8 |
| 16 | **S** | 10.4 | 23.4 | 35.0 | 47.3 | 72.5 | 88.0 | 281.0 | 328.8 | 379.1 | 447.1 | 504.8 | 564.6 | 651.6 | 707.1 | 3223.8 |
| 17 | **Cl** | 13.0 | 23.8 | 39.9 | 53.5 | 67.8 | 97.0 | 114.2 | 348.3 | 400.1 | 455.6 | 529.3 | 592.0 | 656.7 | 749.7 | 809.4 |
| 18 | **Ar** | 15.8 | 27.6 | 40.9 | 59.8 | 75.0 | 91.3 | 124.0 | 143.5 | 422.4 | 478.7 | 539.0 | 618.2 | 686.0 | 755.7 | 854.8 |
| 19 | **K** | 4.3 | 31.8 | 45.7 | 60.9 | 83.0 | 100.0 | 117.6 | 155.0 | 176.0 | 503.4 | 564.1 | 629.1 | 714.0 | 787.1 | 861.8 |
| 20 | **Ca** | 6.1 | 11.9 | 50.9 | 67.0 | 84.4 | 108.8 | 127.7 | 147.2 | 188.5 | 211.3 | 591.3 | 656.4 | 726.0 | 816.6 | 895.1 |

Tabelle entnommen aus: Christen H.-R.: Chemie auf dem Weg in die Zukunft. Frankfurt a. M. 1988, S. 57 (Verlag Sauerländer AG).

\* Ionisierungsenergien werden oft in der Einheit eV („Elektronenvolt“) angegeben. 1 eV ist die Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen der Spannung 1 Volt erhält. 1 eV = 96,37 kJ/mol