

1.4. Fragen zum Atombau

Elektrische Ladungen

Zwei Ladungen ziehen sich mit einer Kraft von 1 Newton gegenseitig an. Wie verändert sich die Anziehungskraft, wenn man

- a) den Abstand verdoppelt
- b) **beide** Ladungen halbiert?

Antwort

Die Anziehungskraft

- a) halbiert sich auf 0,5 Newton
- b) halbiert sich zweimal auf 0,25 Newton

Elektrische Ladungen

Zwei Ladungen ziehen sich mit einer Kraft von 1 Newton gegenseitig an. Wie verändert sich die Anziehungskraft, wenn man

- a) den Abstand halbiert
- b) **beide** Ladungen verdoppelt?

Antwort

Die Anziehungskraft

- a) verdoppelt sich auf 2 Newton
- b) verdoppelt sich zweimal auf 4 Newton

Elementarteilchen

- a) Nenne und beschreibe die drei klassischen Elementarteilchen.
- b) Was ist ein Mol und wofür kann man es verwenden?
- c) Welche Masse haben 0,5 Mol Neutronen?
- d) Welche Masse haben 2 Mol Protonen?
- e) Wieviel Mol Elektronen enthalten 6,9g Lithium ${}_3\text{Li}$?
- f) Wieviel Mol Elektronen sind in 23,0 g Natrium ${}_{11}\text{Na}$ enthalten?

Antworten

- a) Protonen haben eine Masse von 1 u und besitzen eine positive Elementarladung
Neutronen haben eine Masse von 1 u und sind ungeladen
Elektronen haben eine Masse von $1/2000$ u und besitzen eine negative Elementarladung
- b) $1 \text{ Mol} \approx 602 \text{ Trilliarden} = 6,02 \cdot 10^{23}$ ist der Umrechnungsfaktor zwischen der atomaren Masseneinheit u und dem Gramm: $1 \text{ Mol u} = 1 \text{ g}$.
- c) 0,5 Mol Neutronen haben eine Masse von 0,5 g
- d) 2 Mol Protonen haben eine Masse von 2 g
- e) 6,9g Lithium ${}_3\text{Li}$ enthalten 1 Mol Atome mit jeweils 3 Elektronen, also insgesamt 3 Mol Elektronen
- f) 23,0 g Natrium ${}_{11}\text{Na}$ enthalten 1 Mol Atome mit jeweils 11 Elektronen, also insgesamt 11 Mol Elektronen

Elementarteilchen und Dichte

- Ein Aluminiumstab mit quadratischer Querschnittsfläche ist 5 mm dick und 50 cm lang. Aluminium ${}_{13}^{27}\text{Al}$ hat die Dichte $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$. Wie viele Elektronen enthält der Aluminiumstab?
- Ein Eisenstab mit quadratischer Querschnittsfläche ist 8 mm dick und 40 cm lang. Eisen ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ hat die Dichte $\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$. Wie viele Neutronen enthält der Eisenstab?
- Die Dichte von Blei ${}_{82}^{207}\text{Pb}$ ist $\rho = 11,2 \text{ g/cm}^3$. Aus wie vielen Atomen besteht ein 10 cm langer und 5 mm dicker Bleistab mit quadratischem Querschnitt? Wie viele Protonen enthält der Bleistab?

Lösungen

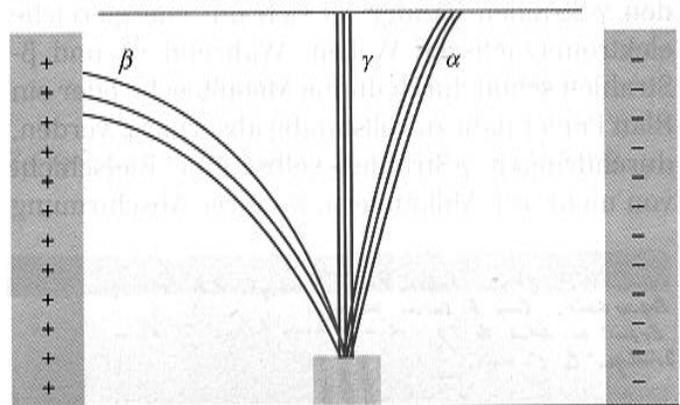
- Der Aluminiumstab hat ein Volumen von $V = \text{Länge} \cdot \text{Breite} \cdot \text{Höhe} = 5 \cdot 5 \cdot 500 \text{ mm}^3 = 12\,500 \text{ mm}^3 = 12,5 \text{ cm}^3$ und eine Masse von $m = \rho \cdot V = 33,75 \text{ g}$. Er besteht aus $n = m/M = 1,25 \text{ Mol}$ Atomen mit jeweils 13 Elektronen und enthält daher insgesamt $13 \cdot 1,25 = 16,25 \text{ Mol}$ Elektronen.
- Der Eisenstab hat ein Volumen von $V = \text{Länge} \cdot \text{Breite} \cdot \text{Höhe} = 8 \cdot 8 \cdot 400 \text{ mm}^3 = 25\,600 \text{ mm}^3 = 25,6 \text{ cm}^3$ und eine Masse von $m = \rho \cdot V = 199,68 \text{ g}$. Er besteht aus $n = m/M \approx 3,57 \text{ Mol}$ Atomen mit jeweils $56 - 26 = 30$ Neutronen und enthält daher insgesamt ca. $30 \cdot 3,57 = 107 \text{ Mol}$ Neutronen.
- Der Bleistab hat ein Volumen von $V = \text{Länge} \cdot \text{Breite} \cdot \text{Höhe} = 5 \cdot 5 \cdot 100 \text{ mm}^3 = 2\,500 \text{ mm}^3 = 2,5 \text{ cm}^3$ und eine Masse von $m = \rho \cdot V = 28 \text{ g}$. Er besteht aus $n = m/M \approx 0,135 \text{ Mol}$ Atomen mit jeweils 82 Protonen und enthält daher insgesamt ca. $0,135 \cdot 82 = 11,1 \text{ Mol}$ Protonen.

Radioaktive Strahlung

- Nenne und beschreibe die drei Arten radioaktiver Strahlung
- Welche Strahlenart hat die größte Reichweite und welche die geringste? Begründe!
- Skizziere einen Versuchsaufbau zur Unterscheidung von α - und β -Strahlen und beschrifte ihn.
- Ein α -Teilchen und ein β -Teilchen fliegen mit gleicher Geschwindigkeit zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Kondensatorplatten hindurch. Welches der beiden Teilchen wird stärker abgelenkt? Skizziere das Experiment und begründe Deine Antwort!

Antworten

- α -Strahlung besteht aus He^{2+} -Ionen bzw. -Atomkernen mit jeweils 2 Protonen und 2 Neutronen. Sie wird bereits durch ein Blatt Papier aufgehalten.
 β -Strahlung besteht aus schnellen Elektronen und kann z.B. durch ein Buch abgeschirmt werden.
 γ -Strahlung besteht aus sehr energiereichen Röntgenstrahlen und zum Schutz sind 2 m Beton oder dicke Bleibleche notwendig.
- α -Strahlen bestehen aus großen, schweren, zweifach positiv geladenen Teilchen, die sich daher auch am einfachsten schon durch ein Blatt Papier aufhalten lassen. β -Strahlen bestehen aus kleinen, leichten, einfach geladenen Elektronen, die sich erst durch viele Papiere bzw. ein Buch aufhalten lassen. γ -Strahlen sind harte Röntgenstrahlen und ihre Teilchen (die Photonen) haben weder Ladung noch Masse. Sie lassen sich daher am nur sehr schwer durch 2 m Beton oder dickes Blei aufhalten.
- Man stellt auf beiden Seiten der Strahlung positiv bzw. negativ geladene Ablenkplatten auf. Die positiv geladenen α -Strahlen werden zur negativen Platte abgelenkt und die negativ geladenen β -Strahlen zur positiven Platte. (siehe rechts)
- Die α -Teilchen haben zwar die doppelte Ladung, sind aber $4 \cdot 200 = 8000$ mal schwerer bzw. träger als die β -Teilchen und werden deshalb deutlich weniger stark abgelenkt (siehe rechts)



Isotope

1 Mol $_{14}\text{Si}$ enthält 92 % ^{28}Si , 5 % ^{29}Si und 3 % ^{30}Si .

- Was sind Isotope? (1)
- Berechne die durchschnittliche Masse eines Si-Atoms. (1)
- Wie viele Neutronen enthält ein ^{29}Si -Isotop? (1)

Antwort

- Isotope sind Atome, die sich nur in der Neutronenzahl unterscheiden
- Die durchschnittliche Masse ist $0,92 \cdot 28 \text{ u} + 0,05 \cdot 29 \text{ u} + 0,03 \cdot 30 \text{ u} = 28,11 \text{ u}$
- Es enthält $29 - 14 = 15$ Neutronen

Isotope

1 Mol $_{12}\text{Mg}$ enthält 79 % ^{24}Mg , 10% ^{25}Mg und 11 % ^{26}Mg .

- Was sind Isotope ? (1)
- Berechne die durchschnittliche Masse eines Mg-Atoms. (1)
- Wieviele Protonen enthält ein ^{26}Mg -Isotop? (1)

Antwort

- Isotope sind Atome, die sich nur in der Neutronenzahl unterscheiden
- Die durchschnittliche Masse ist $0,79 \cdot 24 \text{ u} + 0,10 \cdot 25 \text{ u} + 0,11 \cdot 26 \text{ u} = 24,32 \text{ u}$
- Es enthält $26 - 12 = 14$ Neutronen

Spektrale Zerlegung und Wellenmodell des Lichtes

- Beschreibe den Zusammenhang zwischen Farbe, Wellenlänge und Energiegehalt des sichtbaren Lichtes.
- Nenne 4 Arten elektromagnetischer Strahlung und ordne sie nach Wellenlänge bzw. Energiegehalt.
- Beschreibe die Wirkung von drei Arten elektromagnetischer Strahlung auf den menschlichen Körper.

Antworten

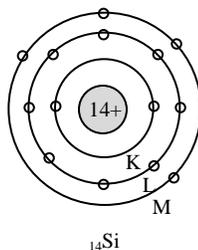
- Von blau über grün, gelb orange nach rot nimmt die Wellenlänge ab und die Frequenz bzw. Energie nehmen zu.
- geringe Energie, große Wellenlänge \leftarrow IR, rotes Licht, blaues Licht, UV \rightarrow hohe Energie, kleine Wellenlänge
- IR wird als Wärme wahrgenommen;
UV schädigt die Augen, bräunt bzw. schädigt nach längere Zeit die Haut,
Radiowellen beeinflussen die elektrische Reizleitung der Nervenzellen

Linienpektrum und Bohrsches Atommodell

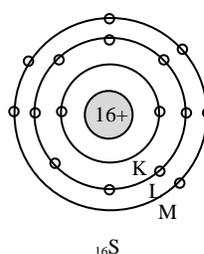
- Zeichne ein Schalenmodell des Siliziumatoms $_{14}\text{Si}$.
- Zeichne ein Schalenmodell des Schwefelatoms $_{16}\text{S}$.

Lösungen:

a) $_{14}\text{Si}$ (2)



b) $_{16}\text{S}$

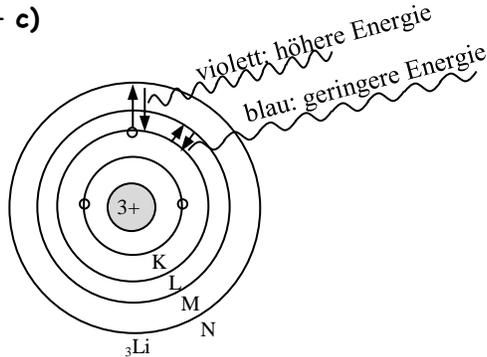


Linienpektrum und Bohrsches Atommodell

Heißer Lithiumdampf sendet Licht aus, das im Spektrum u.a. in eine blaue und eine violette Linie zerlegt wird.

- Welche der beiden Linien hat die höhere Energie? (1)
- Zeichne ein Schalenmodell des Lithiumatoms ${}^3\text{Li}$. (1)
- Zeichne zwei mögliche Elektronenübergänge ein und ordne sie den beiden Spektrallinien zu. (2)

Lösungsbeispiel: a) - c)

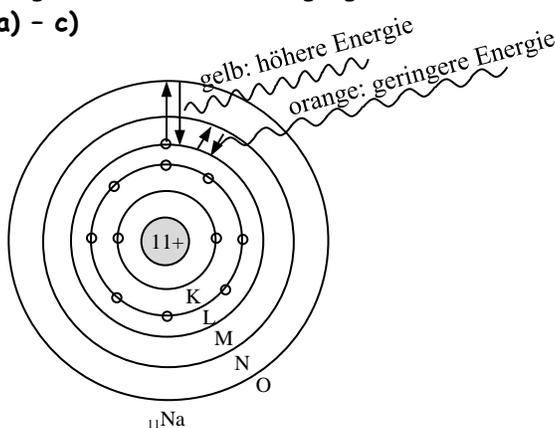


Linienpektrum und Bohrsches Atommodell

Heißer Natriumdampf sendet Licht aus, das im Spektrum u.a. in eine gelbe und eine orange Linie zerlegt wird.

- Welche der beiden Linien hat die höhere Energie? (1)
- Zeichne ein Schalenmodell des Natriumatoms ${}^{11}\text{Na}$. (1)
- Zeichne zwei mögliche Elektronenübergänge ein und ordne sie den beiden Spektrallinien zu. (2)

Lösungsbeispiel: a) - c)

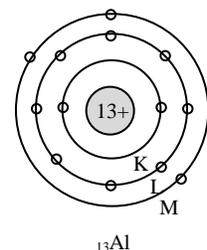


Schalenmodell (6)

- Zeichne ein Schalenmodell für das Aluminiumatom ${}^{13}\text{Al}$ nach dem Bohrschen Atommodell. (2)
- Das Aluminiumatom gibt bereitwillig **drei** Elektronen ab und kommt in der Natur ausschließlich als dreifach positiv geladenes Al^{3+} -Ion vor. Die Abgabe eines **vierten** Elektrons geschieht jedoch nur bei extrem hohen Temperaturen von mehreren tausend Grad. Erkläre dieses Verhalten mit einem geeigneten Modell. (2)
- Wieviel Neutronen enthalten 5 g Aluminium? (2)

Lösungen

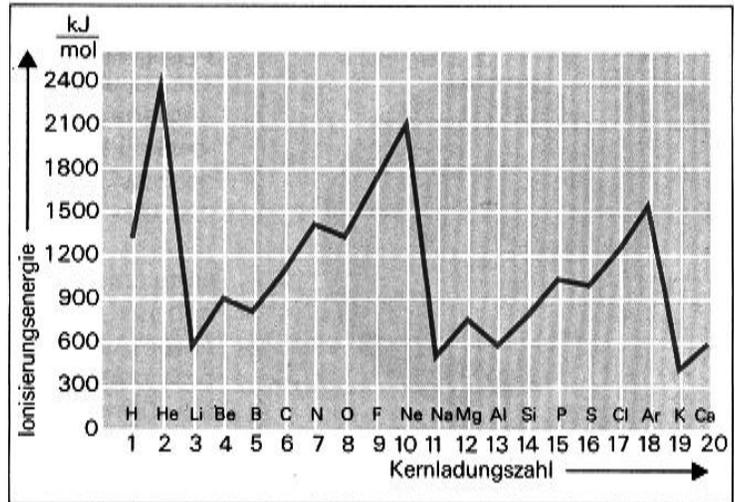
- Schalenmodell (2)
- Die drei Elektronen auf der M-Schale werden abgegeben, so dass die stabile Konfiguration des Neons mit vollständiger L-Schale resultiert. (2)
- 5g Aluminium sind 0,185 Mol und enthalten $14 \cdot 0,185 \text{ Mol} = 2,6 \text{ Mol}$ Neutronen. (2)



Linienspektrum und Bohrsches Atommodell

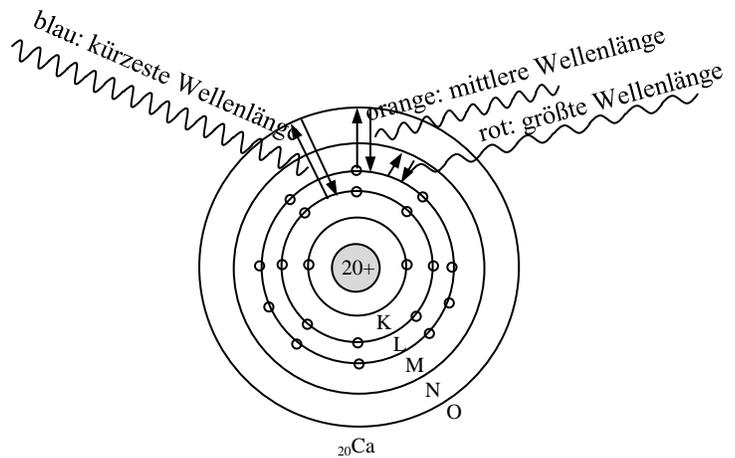
Heißer Calciumdampf sendet Licht aus, das im Spektrum in eine rote, orange und blaue Linien zerlegt wird.

- Welche der drei Linien hat die kürzeste Wellenlänge?
- Zeichne ein Schalenmodell des Calciumatoms ${}_{20}\text{Ca}$ nach der $2n^2$ -Regel.
- Zeichne drei mögliche Elektronenübergänge ein und ordne sie den drei Spektrallinien zu.
- Begründe mit Hilfe der Abbildung rechts, warum das Modell aus b) nicht stimmt.



Lösungsbeispiel: a) - c)

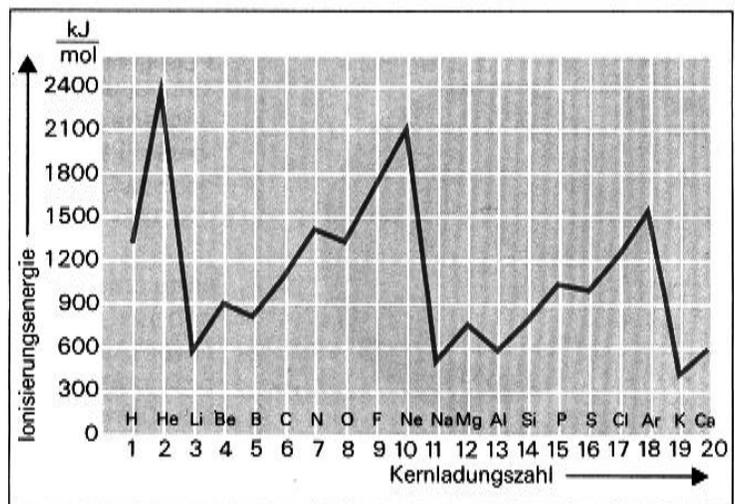
d) Die Ionisierungsenergien für das 19. und 20. Elektron sind viel geringer als für die Elektronen davor, was darauf hindeutet, dass sie auf einer neuen Schale weiter entfernt vom Kern bzw. auf einem höheren Energieniveau angeordnet sind.



Linienspektrum und Bohrsches Atommodell

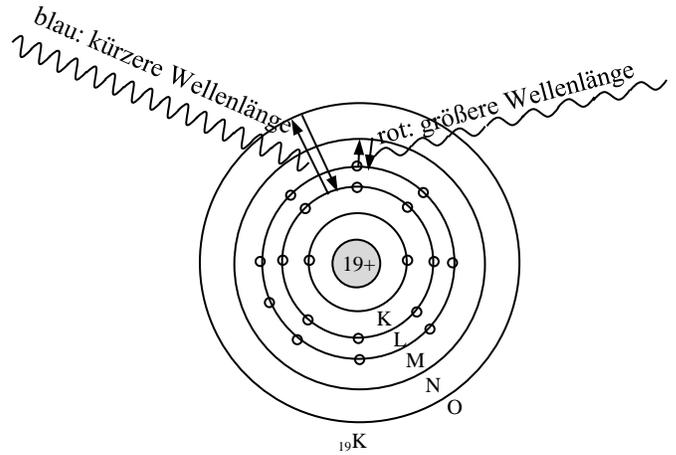
Heißer Kaliumdampf sendet Licht aus, das im Spektrum in eine rote und eine violette Linie zerlegt wird.

- Welche der beiden Linien hat die höhere Energie?
- Zeichne ein Schalenmodell des Kaliumatoms ${}_{19}\text{K}$.
- Zeichne zwei mögliche Elektronenübergänge ein und ordne sie den beiden Spektrallinien zu.
- Begründe mit Hilfe der Abbildung rechts, warum das Modell aus b) nicht stimmt.



Lösungsbeispiel: a) - c)

d) Die Ionisierungsenergie für das 19. Elektron ist viel geringer als für die Elektronen davor, was darauf hindeutet, dass sie auf einer neuen Schale weiter entfernt vom Kern bzw. auf einem höheren Energieniveau angeordnet sind.

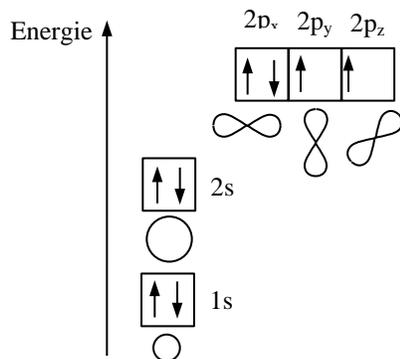


Orbitalmodell

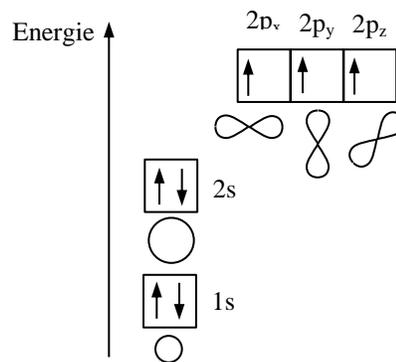
- Zeichne ein Kästchenschema für die Besetzung der Orbitale des Sauerstoffatoms ${}_8\text{O}$ und skizziere die Form der Orbitale.
- Zeichne ein Kästchenschema für die Besetzung der Orbitale des Stickstoffatoms ${}_7\text{N}$ und skizziere die Form der Orbitale.

Lösungen

a) Sauerstoff ${}_8\text{O}$



b) Stickstoff ${}_7\text{N}$

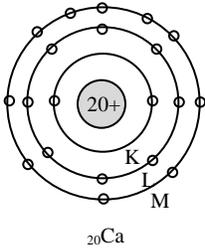


Orbitalmodell (10)

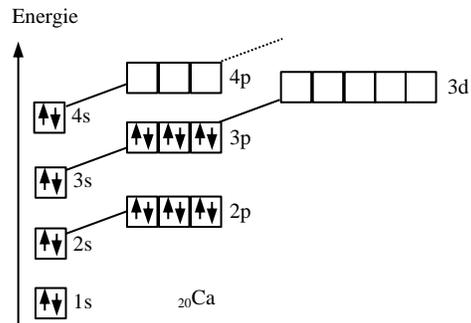
- Zeichne ein Schalenmodell für das Calciumatom ${}_{20}\text{Ca}$ nach dem Bohrschen Atommodell. (2)
- Zeichne ein Kästchenschema für das Calciumatom nach dem Orbitalmodell. (3)
- Das Calciumatom gibt bereitwillig **zwei** Elektronen ab und kommt in der Natur ausschließlich als zweifach positiv geladenes Ca^{2+} -Ion vor. Die Abgabe eines **dritten** Elektrons geschieht jedoch nur bei extrem hohen Temperaturen von mehreren tausend Grad. Erkläre dieses Verhalten mit einem geeigneten Modell. (2)
- Welche Ladung müssten Calciumionen besitzen, wenn man vom Bohrschen Schalenmodell ausgeht? (1)
- Wieviel Neutronen enthalten 5 g Calcium? (2)

Lösungen

a) Schalenmodell (2)



b) Kästchenschema (3)



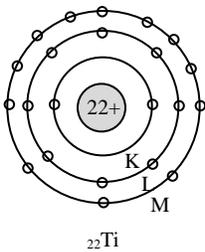
- c) Die beiden 4s-Elektronen werden abgegeben, so dass die stabile Konfiguration des Argons mit vollständigen 3s und 3p Unterniveaux resultiert. (2)
- d) Für eine vollständige M-Schale müssten noch 8 Elektronen aufgenommen werden (Ca^{8-}). (1)
- e) 5g Calcium sind 0,125 Mol und enthalten $20 \cdot 0,125 \text{ Mol} = 2,5 \text{ Mol}$ Neutronen. (2)

Orbitalmodell (10)

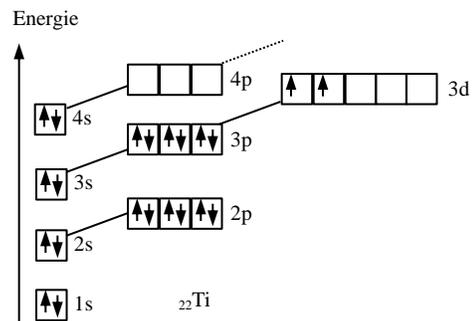
- a) Zeichne ein Schalenmodell für das Titanatom ${}_{22}\text{Ti}$ nach dem Bohrschen Atommodell. (2)
- b) Zeichne ein Kästchenschema für das Titanatom nach dem Orbitalmodell. (3)
- c) Das Titanatom gibt entweder **zwei** oder **vier** Elektronen ab und kommt in der Natur ausschließlich in Form von Ti^{2+} - und Ti^{4+} -Ionen vor. Erkläre dieses Verhalten mit einem geeigneten Modell. (2)
- d) Welche Ladung müssten Titanionen besitzen, wenn man vom Bohrschen Schalenmodell ausgeht? (1)
- e) Wieviel Neutronen enthalten 5 g Titan? (2)

Lösungen

a) Schalenmodell (2)



b) Kästchenschema (3)



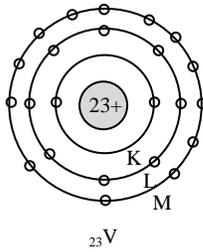
- c) Durch Abgabe der beiden einzelnen 3d-Elektronen resultiert eine Konfiguration mit vollständig gefüllten Unterniveaux. Werden zusätzlich die beiden 4s-Elektronen abgegeben, so entsteht die stabile Konfiguration des Argons mit vollständig gefüllten 3s und 3p Unterniveaux. (2)
- d) Für eine vollständige M-Schale müssten noch 6 Elektronen aufgenommen werden (Ti^{6-}). (1)
- e) 5g Titan sind 0,104 Mol und enthalten $25,9 \cdot 0,104 \text{ Mol} \approx 2,7 \text{ Mol}$ Neutronen (2)

Orbitalmodell (10)

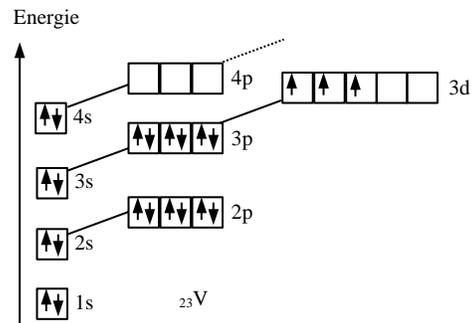
- a) Zeichne ein Schalenmodell für das Vanadiumatom ${}_{23}\text{V}$ nach dem Bohrschen Atommodell. (2)
- b) Zeichne ein Kästchenschema für das Vanadiumatom nach dem Orbitalmodell. (3)
- c) Das Vanadiumatom gibt entweder **drei** oder **fünf** Elektronen ab und kommt in der Natur ausschließlich in Form von V^{3+} - und V^{5+} -Ionen vor. Erkläre dieses Verhalten mit einem geeigneten Modell. (2)
- d) Welche Ladung müssten Vanadiumionen besitzen, wenn man vom Bohrschen Schalenmodell ausgeht? (1)
- e) Wieviel Neutronen enthalten 10 g Vanadium? (2)

Lösungen

a) Schalenmodell (2)



b) Kästchenschema (3)



- c) Durch Abgabe der drei einzelnen 3d-Elektronen resultiert eine Konfiguration mit vollständig gefüllten Unterniveaux. Werden zusätzlich die beiden 4s-Elektronen abgegeben, so entsteht die stabile Konfiguration des Argons mit vollständig gefüllten 3s und 3p Unterniveaux. (2)
- d) Für eine vollständige M-Schale müssten noch 5 Elektronen aufgenommen werden (V^{5-}) (1)
- e) 10 g Vanadium sind 0,2 Mol und enthalten $27,9 \cdot 0,2 \text{ Mol} \approx 5,58 \text{ Mol Neutronen}$ (2)