

Prüfungsfragen

1 Allgemeine Chemie

1.0 Grundbegriffe, Grundgesetze

Chemische Reaktionen

1 Welche Aussage über chemische Reaktionen trifft zu?

- (A) Die Gesamtmasse der beteiligten Verbindungen nimmt bei gasförmigen Produkten ab.
- (B) Wenn alle Reaktanten und Produkte gasförmig sind, kann das Stoffmengenverhältnis der beteiligten Teilchen auch als Volumenverhältnis ausgedrückt werden.
- (C) Das Stoffmengenverhältnis der beteiligten Teilchen ist gleich dem Massenverhältnis.
- (D) Zwei Elemente können sich in beliebigen Stoffmengenverhältnissen zu Molekülen zusammenlagern.
- (E) Das Massenverhältnis zweier Elemente, die sich zu einer bestimmten Verbindung zusammenlagern, ist variabel.

2 Bei welchen Vorgängen handelt es sich um eine chemische Reaktion?

- (1) Sublimation
 - (2) Schmelzen
 - (3) Hydrolyse
 - (4) Kristallisation
 - (5) Extraktion
- (A) nur bei 3
 - (B) nur bei 1 und 4
 - (C) nur bei 1 und 5
 - (D) nur bei 2, 3 und 5
 - (E) bei allen = 1 bis 5 sind richtig

1.1 Atombau

Nach den Anforderungen des aktuellen Gegenstandskataloges werden Kenntnisse über den „Atombau“ und insbesondere Kenntnisse über die „Radioaktivität“ auch in den Prüfungsfächern „Physik“ (3. Tag) und „Pharmazeutische Analytik“ (4. Tag) verlangt. Daher sind einige Fragen der Physik- bzw. Analytikprüfung im Kapitel 1.1 mit aufgelistet.

1.1.1 Aufbau der Atome

3⁺ Welche Aussage über den Aufbau der Atome (normaler Materie) trifft **nicht** zu?

- (A) Atomkerne sind stets positiv geladen.
- (B) Atomkerne enthalten stets Neutronen.
- (C) Atomkerne enthalten stets Protonen.
- (D) Die Atomhülle besteht aus Elektronen.
- (E) Die Atomhülle ist stets negativ geladen.

4 Welche Aussage zur Protonenzahl und Neutronenzahl von Atomen trifft zu?

- (A) Bei gegebener Protonenzahl ist die Neutronenzahl definiert.
- (B) Die Summe aus beiden bezeichnet man als Nukleonenzahl.
- (C) Isobare haben eine gleiche Zahl von Neutronen.
- (D) Isotope haben eine gleiche Zahl von Neutronen.
- (E) Keine der obigen Aussagen trifft zu.

5 Welche Aussagen treffen zu?

- (1) Atomkerne enthalten als Bausteine Protonen, Neutronen und Elektronen.
 - (2) Die Masse eines Elektrons ist kleiner als die Masse eines Protons.
 - (3) Die Massenzahl der Nuklide ist gleich der Zahl ihrer Protonen.
 - (4) Isotope Nuklide eines Elements unterscheiden sich in der Zahl der Neutronen im Kern.
- (A) nur 1 und 3 sind richtig
 (B) nur 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) nur 1, 2 und 4 sind richtig

6 Welche Aussagen treffen zu?

Bei jedem elektrisch neutralen Atom

- (1) besteht der Kern nur aus Neutronen
 - (2) ist die Zahl der Elektronen und Neutronen gleich groß
 - (3) stimmt stets die Zahl der Protonen mit jener der Neutronen überein
 - (4) sind ebensoviele Protonen wie Elektronen vorhanden
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 4 ist richtig
 (C) nur 1 und 4 sind richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) nur 3 und 4 sind richtig

7 Welche Aussage über den Aufbau der Atome trifft **nicht** zu?

- (A) Atomkerne sind stets positiv geladen.
- (B) Die Masse der Atomkerne stimmt nahezu mit der gesamten Atommasse überein.
- (C) Ein Kern des Heliumnuklids ${}^4\text{He}$ enthält ein Proton und drei Neutronen.
- (D) Mit Ausnahme des Wasserstoffatoms ${}^1\text{H}$ enthalten Atomkerne mindestens ein Neutron.
- (E) Die Atomhülle besteht aus Elektronen.

Elementarteilchen

8 Welche Aussagen über Kernbausteine treffen zu?

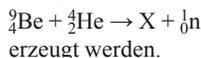
- (1) Ein Neutron besitzt eine größere Masse als ein Proton.
- (2) Ein Proton kann aus einem Neutron entstehen.

- (3) Ein Neutron kann aus einem Proton entstehen.
 - (4) Die Molmasse von 1 Mol Protonen ist größer als die von 1 Mol Wasserstoffatomen.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

9⁺ Welche Aussagen über Nukleonen treffen zu?

- (1) Die Masse eines Protons entspricht etwa einer atomaren Masseneinheit.
 - (2) Der Radius eines Protons liegt in der Größenordnung 0,1 nm.
 - (3) Bei der Umwandlung von Neutronen in Protonen werden Elektronen frei.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 3 = alle sind richtig

10⁺ Neutronen können gemäß folgender Reaktionsgleichung



erzeugt werden. Bei X handelt es sich um welches Nuklid?

- (A) ${}^{22}_{88}\text{Ra}$
 (B) ${}^{14}_7\text{N}$
 (C) ${}^{13}_6\text{C}$
 (D) ${}^{12}_6\text{C}$
 (E) ${}^9_4\text{Be}$

11 Welche Aussage über Neutronen trifft **nicht** zu?

- (A) Neutronen haben näherungsweise die gleiche Masse wie Protonen.
- (B) Neutronen sind gut geeignet zur Einleitung von Kernreaktionen.
- (C) Neutronen sind gut geeignet zur Herstellung kurzlebiger radioaktiver Nuklide.
- (D) Neutronen können durch das Coulombfeld eines Atomkerns angezogen werden.
- (E) Isotope Nuclide des gleichen Elements enthalten im Kern unterschiedlich viele Neutronen.

12 Welche Aussage trifft für Neutronen **nicht** zu?

- (A) In einem elektrischen Feld werden Neutronen beschleunigt.
- (B) Neutronen kommen als Bausteine der Atomkerne vor.
- (C) Neutronen sind elektrisch neutrale Elementarteilchen.
- (D) Die Masse des Neutrons ist etwas größer als die Masse des Protons.
- (E) Neutronen entstehen bei der künstlichen Spaltung des Uranisotops ^{235}U .

13 Welche Aussagen treffen zu? Neutronen

- (1) sind Bestandteile von α -Teilchen
 - (2) sind ungeladen
 - (3) werden bei Kernreaktionen **nicht** von Protonen abgestoßen
 - (4) sind in Kernen stets mit der gleichen Anzahl von Protonen kombiniert
- (A) nur 2 ist richtig
 - (B) nur 1 und 2 sind richtig
 - (C) nur 3 und 4 sind richtig
 - (D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 - (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

14 Welche Aussage über Elektronen trifft **nicht** zu?

- (A) Elektronen tragen eine negative Elementarladung.
- (B) Elektronen haben eine kleinere Masse als Protonen.
- (C) Elektronen können in elektrischen und magnetischen Feldern beschleunigt werden.
- (D) Elektronen werden beim radioaktiven β -Zerfall emittiert.
- (E) Isotope Nuklide des gleichen Elements enthalten im Kern verschieden viele Elektronen.

15 Welches der folgenden Teilchen besitzt eine Masse, die der eines Elektrons entspricht?

- (A) Neutrino
- (B) Neutron
- (C) Positron
- (D) Proton
- (E) α -Teilchen

Elementarladung

16⁺ Welche Aussagen treffen zu? Die Elementarladung

- (1) tritt als positive Ladung auf
 - (2) tritt als negative Ladung auf
 - (3) hängt im Massenspektrometer von der Geschwindigkeit der Ionen ab
- (A) nur 1 ist richtig
 - (B) nur 2 ist richtig
 - (C) nur 1 und 2 sind richtig
 - (D) nur 2 und 3 sind richtig
 - (E) 1 bis 3 = alle sind richtig

17 Welche Aussage über die Elementarladung trifft **nicht** zu?

- (A) Die Ladung eines Elektrons ist gleich einer negativen Elementarladung.
- (B) Die Ladung eines Protons ist gleich einer positiven Elementarladung.
- (C) Die Ladung eines α -Teilchens ist gleich zwei positiven Elementarladungen.
- (D) Die Elementarladung ist gleich dem Quotienten aus Faraday- und Avogadro-Konstante.
- (E) Die Elementarladung ist etwa gleich $1,6 \cdot 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{s}$.

18 Welche Aussage zur Elementarladung trifft **nicht** zu?

- (A) Ihr Wert beträgt etwa $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$.
- (B) Die Ladung des Cl^- -Ions beträgt $-e$.
- (C) Die Ladung eines Cu^{++} -Ions beträgt $+e$.
- (D) $e = \text{Faraday-Konstante}/\text{Avogadro-Konstante}$.
- (E) Die kinetische Energie eines Elektrons, das mit der Spannung 1 V beschleunigt wurde, beträgt 1 eV.

Atommasse, Atomgröße

19 Welche Aussage trifft zu?

Ein (nicht angeregtes) Atom nimmt ein Volumen ein in der Größenordnung von:

- (A) 10^{-10} m^3
- (B) 10^{-19} m^3
- (C) 10^{-23} m^3
- (D) 10^{-29} m^3
- (E) 10^{-42} m^3

20+ In etwa welchem Verhältnis steht der Durchmesser eines Atomkerns zum Durchmesser des Gesamtatoms (einschließlich Elektronenhülle)?

- (A) 1 : 1
- (B) 1 : 10
- (C) 1 : 100
- (D) 1 : 1000
- (E) 1 : ≥ 10000

21 Welche der folgenden Längenangaben trifft am besten auf den Durchmesser eines Wasserstoffatoms (im Grundzustand) zu?

- (A) 10^{-15} m
- (B) 10^{-13} m
- (C) 10^{-10} m
- (D) 10^{-8} m
- (E) 10^{-6} m

22 Welche Aussage trifft zu?

Der Radius eines Heliumatoms beträgt etwa:

- (A) $1 \mu\text{m}$
- (B) $0,1 \mu\text{m}$
- (C) $0,1 \text{ nm}$
- (D) 1 pm
- (E) $0,1 \text{ pm}$

23 Welche der folgenden Angaben kommt der Masse eines Atoms des Uranisotops $^{235}_{92}\text{U}$ am nächsten?

- (A) $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- (B) $2,1 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$
- (C) $1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- (D) $1,5 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$
- (E) $3,9 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

Atommasseneinheit

24 Welche Aussagen treffen zu?

Die relativen Atommassen der Elemente beziehen sich definitionsgemäß (nach IUPAC) auf

- (1) die Masse des Wasserstoffisotops ^1H
- (2) den zwölften Teil der Masse des Kohlenstoffisotops ^{12}C
- (3) die verschiedenen Isotope eines Elements
- (4) die Summe von Protonen, Neutronen und Elektronen eines Atoms

- (A) nur 1 ist richtig
- (B) nur 2 ist richtig
- (C) nur 1 und 3 sind richtig
- (D) nur 2 und 4 sind richtig
- (E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

25 Welche Aussage trifft zu?

1 Mol eines Stoffes enthält so viele Teilchen, wie es Kohlenstoffatome in genau 12 g Kohlenstoff gibt ist als Definition der Einheit „Mol“ nicht vollständig; dazu müsste zusätzlich angegeben werden, dass

- (A) der Kohlenstoff als Diamant vorliegen muss
- (B) es sich um das Isotop ^{12}C handeln muss
- (C) der Kohlenstoff das Molvolumen ($\approx 22,4 \text{ L}$) einnehmen muss
- (D) die Aussage nur bei Normbedingungen gilt
- (E) die Aussage nur bei Elementen zutrifft

Elemente, Kennzeichnung

26 Welche Aussage trifft zu?

Ein Element ist definiert durch seine:

- (A) Protonenzahl
- (B) Massenzahl
- (C) Neutronenzahl
- (D) Valenzelektronenzahl
- (E) Atommasse

27 Welche der folgenden Angaben um ein Elementsymbol (El) sind zutreffend charakterisiert?

K	M
	EI
L	N

- (1) K – Kernladungszahl
- (2) L – Ordnungszahl
- (3) M – Halbwertszeit
- (4) N – Ladungszahl

- (A) nur 2 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) nur 1, 2 und 3 sind richtig

28 Welche der folgenden Angaben um ein Elementsymbol (El) sind zutreffend charakterisiert?

K	M
	EI
L	N

- (1) K – Kernladungszahl
 (2) L – Massenzahl
 (3) M – Ladungszahl
 (4) N – Halbwertszeit

- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 2 sind richtig
 (E) nur 3 und 4 sind richtig

29 Wofür steht beim Bleisotop $^{206}_{82}\text{Pb}$ die Zahl 82?

- (1) Kernladungszahl
 (2) Protonenzahl
 (3) Atommasse
 (4) Ordnungszahl

- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) nur 1, 2 und 4 sind richtig

30 Wofür steht beim Bleisotop $^{206}_{82}\text{Pb}$ die Zahl 206?

- (A) Kernladungszahl
 (B) Protonenzahl
 (C) Neutronenzahl
 (D) Nukleonenzahl
 (E) Elektronenzahl

31 Wie viele Elektronen enthält das Bleisotop $^{204}_{82}\text{Pb}$

- (A) 41
 (B) 82
 (C) 122
 (D) 204
 (E) 286

32+ Welche Aussagen treffen zu?

Die Angabe $^{14}_6$ zeigt, dass dieses Element

- (1) ein Kohlenstoffisotop ist
 (2) in seiner Elektronenhülle 8 Elektronen enthält
 (3) die relative Atommasse 20 hat
 (4) in seinem Kern 8 Neutronen enthält
 (5) 6 Elektronen in seiner Hülle aufweist

- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 3 ist richtig
 (C) nur 1, 4 und 5 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) nur 3, 4 und 5 sind richtig

33 Welche Aussagen zum Isotop $^{18}_9\text{F}$ treffen zu?

- (1) Die Kernladungszahl ist 9.
 (2) Die Protonenzahl ist 9.
 (3) Die Atommasse ist 9.
 (4) Die Ordnungszahl ist 9.
 (5) Die Zahl der Elektronen in der äußeren Schale ist 9.

- (A) nur 1 und 2 sind richtig
 (B) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 (C) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 3, 4 und 5 sind richtig
 (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

Avogadro-Konstante, Stoffmenge, Molbegriff

34+ Welche Aussage über die Avogadro-Konstante N_A trifft **nicht** zu?

- (A) Sie ist stoffspezifisch.
 (B) Sie ist unabhängig von der Temperatur.
 (C) Sie ist unabhängig von Druck und Volumen.
 (D) Für N_A gilt: $N_A = \frac{F}{e}$ (F : Faraday-Konstante; e : Elementarladung)
 (E) Sie gibt unter Normbedingungen (1013,25 hPa; 0 °C) etwa die Zahl der Teilchen an, die in 22,4 Liter eines idealen Gases enthalten sind.

35 Welche Aussagen zur Avogadro-Konstante N_A treffen zu?

(R : universelle Gaskonstante; k_B : Boltzmann-Konstante; F : Faraday-Konstante; e : Elementarladung)

- (1) $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}/\text{mol}$
 - (2) $N_A = R/k_B$
 - (3) $N_A = F/e$
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 3 = alle sind richtig

36+ Welche Aussagen treffen zu?

Die Avogadrosche Konstante entspricht

- (1) der Zahl der H-Atome in einem Mol H_2O
- (2) der Zahl der He-Atome in einem Mol He
- (3) etwa der Zahl der C-Atome in 12 g reinem Kohlenstoff
- (4) etwa gleich $1,6 \cdot 10^{19}$

- (A) nur 2 ist richtig
 (B) nur 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

37 Welche Aussagen zum Begriff der Stoffmenge treffen zu?

- (1) 1 Mol ist die Stoffmenge eines jeden Stoffes, die aus ebenso vielen Teilchen besteht wie Atome in 12 g des Nuklids $^{12}_6\text{C}$ enthalten sind.
- (2) Unterschiedliche Stoffe enthalten pro Mol jeweils die gleiche Anzahl von Teilchen.
- (3) Die Avogadro-Konstante beträgt ca. $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- (4) 1 Mol einer Flüssigkeit nimmt unter Normbedingungen ein Volumen von etwa 22,4 L ein.

- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

38 Welche Aussagen über die Stoffmenge treffen zu?

- (1) Die Stoffmenge einer Probe wird in Gramm angegeben.
- (2) Ihre Einheit ist 1 Mol/Gramm
- (3) Ihre Einheit ist 1 Mol.
- (4) Das Volumen eines Mols beträgt unter Normbedingungen stets 22,4 L.

- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 4 sind richtig
 (E) nur 3 und 4 sind richtig

39 Welche Aussagen zu den Begriffen der Stoffmenge n von bestimmten Teilchen und der Avogadroschen Konstante N_A trifft **nicht** zu?

- (A) $N_A \approx 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- (B) Die atomare Masseneinheit entspricht $\frac{1 \text{ g/mol}}{N_A}$

- (C) $n = \frac{\text{Anzahl der Teilchen}}{N_A}$
 (D) Ist m die Masse der Probe, so gilt für die molare Masse $M = m \cdot n$
 (E) Für ein ideales Gas gilt $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$

40 Etwa wie viele H_2O -Moleküle sind in 1 g Wasser enthalten?

- (A) $6 \cdot 10^{21}$
- (B) $3,3 \cdot 10^{22}$
- (C) $6 \cdot 10^{23}$
- (D) $3,3 \cdot 10^{24}$
- (E) $1,08 \cdot 10^{25}$

41 Die Avogadro-Konstante ($N_A \approx 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) gibt die Anzahl der Teilchen in einem Mol einer Substanz an.

Etwa wie viele Teilchen sind in der Stoffmenge $n = 20 \mu\text{mol}$ einer Substanz enthalten?

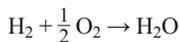
- (A) $0,3 \cdot 10^{17}$
- (B) $1,2 \cdot 10^{17}$
- (C) $0,3 \cdot 10^{19}$
- (D) $1,2 \cdot 10^{19}$
- (E) $0,3 \cdot 10^{29}$

42+ Welche Aussage trifft zu?

Löst man 0,1 Mol NaCl in 1 L Wasser, so enthält die Lösung insgesamt etwa die folgende Anzahl von Ionen:

- (A) $1,2 \cdot 10^{23}$
- (B) $6 \cdot 10^{22}$
- (C) $3,2 \cdot 10^{19}$
- (D) $1,6 \cdot 10^{19}$
- (E) Die relative Ionenzahl beträgt 10^{-7} entsprechend dem pH-Wert 7

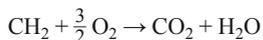
43+ Wieviel Wasserstoffgas braucht man, um unter Normbedingungen nach der Gleichung



11,2 Liter Wasserdampf zu erzeugen? (rel. Atommassen: H = 1; O = 16; Molvolumen: $22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$)

- (A) $\frac{18}{22,4} \text{ g H}_2$
- (B) 0,5 g H₂
- (C) 1 g H₂
- (D) 1 L H₂
- (E) 2 Mol H₂

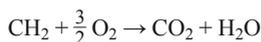
44 Ein Teelicht besteht überwiegend aus Alkanen der Summenformel $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Unter der näherungsweise Annahme einer Summenformel $(\text{CH}_2)_n$ für diese Alkane kann die Reaktionsgleichung für die Verbrennung einer CH_2 -Gruppe folgendermaßen formuliert werden:



Etwa welches Volumen Sauerstoff wird beim Abbrennen eines Teelichts der Masse $m = 14 \text{ g}$ verbraucht? (O_2 und CO_2 werden als ideale Gase angenommen)

- (A) 1 L
- (B) 10 L
- (C) 22 L
- (D) 34 L
- (E) 46 L

45 Das Brennmaterial eines Teelichts besteht überwiegend aus Alkanen der Summenformel $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Unter der näherungsweise Annahme einer Summenformel $(\text{CH}_2)_n$ für diese Alkane kann die Reaktionsgleichung für die Verbrennung einer CH_2 -Gruppe folgendermaßen formuliert werden:



Etwa welches Volumen nimmt das beim Abbrennen eines Teelichts der Masse $m = 28 \text{ g}$ entstehende CO_2 (unter Normbedingungen) ein, wenn O_2 und CO_2 als ideale Gase angenommen werden?

- (A) 1 L
- (B) 10 L
- (C) 22 L
- (D) 44 L
- (E) 66 L

46 Etwa wie groß ist die Summe der Stoffmengen an Sauerstoff und Stickstoff (als ideale Gase angenommen) in 1 m^3 Luft unter Normbedingungen?

- (A) 22,4 mol
- (B) 30 mol
- (C) 44,8 mol
- (D) 67,2 mol
- (E) 75 mol

1.1.2 Isotope

47 Welche Aussage über Elemente trifft **nicht** zu?

- (A) Elemente sind chemisch gesehen homogene Stoffe.
- (B) Chemische Methoden sind zur weiteren Aufspaltung von Elementen ungeeignet.
- (C) Verschiedene Isotope eines Elements haben die gleiche Kernladungszahl.
- (D) Verschiedene Isotope eines Elements haben die gleiche Elektronenzahl.
- (E) Verschiedene Isotope eines Elements haben die gleiche Massenzahl.

48 Welche der folgenden natürlichen Elemente bestehen aus einem Nuklid (= „Reinelement“)?

- (1) Wasserstoff
 - (2) Fluor
 - (3) Chlor
 - (4) Natrium
 - (5) Iod
- (A) nur 1 und 3 sind richtig
 - (B) nur 1 und 4 sind richtig
 - (C) nur 2, 3 und 5 sind richtig
 - (D) nur 2, 4 und 5 sind richtig
 - (E) nur 3, 4 und 5 sind richtig

49 Welche Aussage trifft zu?

Atome gleicher Kernladung und verschiedener Masse werden bezeichnet als:

- (A) Isobare
- (B) Isotone
- (C) Isotope
- (D) Isomere
- (E) Isochore

50⁺ Welche Aussagen treffen zu?

Verschiedene Isotope eines Elements

- (1) besitzen die gleiche Anzahl an Protonen, jedoch eine unterschiedliche Anzahl an Neutronen
 - (2) haben unterschiedliche kernphysikalische Eigenschaften
 - (3) können natürlich entstanden oder künstlich erzeugt worden sein
- (A) nur 1 ist richtig
 - (B) nur 3 ist richtig
 - (C) nur 1 und 2 sind richtig
 - (D) nur 1 und 3 sind richtig
 - (E) 1 bis 3 = alle sind richtig

51 Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Isobare sind Nuklide mit:

- (A) gleicher Massenzahl
- (B) verschiedener Protonenzahl
- (C) verschiedener Elektronenzahl
- (D) unterschiedlicher chemischer Reaktivität
- (E) gleicher Protonenzahl

52⁺ Welche Aussagen treffen zu?

Isotope Nuklide eines Elements unterscheiden sich hinsichtlich

- (1) der Elektronenzahl
 - (2) der Kernladungszahl
 - (3) der Nukleonenzahl
 - (4) der Ordnungszahl im periodischen System
 - (5) der Neutronenzahl
- (A) nur 5 ist richtig
 - (B) nur 3 und 5 sind richtig
 - (C) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 - (D) nur 1, 2, 3 und 5 sind richtig
 - (E) nur 1, 3, 4 und 5 sind richtig

53 Welche Aussagen treffen zu?

Isotope eines Elements unterscheiden sich in der

- (1) Neutronenzahl
 - (2) Kernladungszahl
 - (3) Massenzahl
 - (4) Nukleonenzahl
 - (5) Valenzelektronenzahl
- (A) nur 1 ist richtig
 - (B) nur 2 und 5 sind richtig
 - (C) nur 3 und 4 sind richtig
 - (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 - (E) nur 2, 4 und 5 sind richtig

54 Welche Aussagen treffen zu?

Isotope sind Nuklide mit:

- (1) gleicher Protonenzahl
 - (2) gleicher Elektronenzahl
 - (3) unterschiedlichen Massenzahlen
 - (4) unterschiedlichen Neutronenzahlen
 - (5) gleichen chemischen Eigenschaften
- (A) nur 1 und 2 sind richtig
 - (B) nur 4 und 5 sind richtig
 - (C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 - (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 - (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

55 Welche Aussage über ein Paar isotoper Nuklide trifft **nicht** zu?

- (A) Die Nukleonenzahl unterscheidet sich mindestens um Eins.
- (B) Die Protonenzahl beider Nuklide ist gleich.
- (C) Im elektrisch neutralen Zustand der Atome ist die jeweilige Zahl der Elektronen gleich.
- (D) Die Neutronenzahl unterscheidet sich mindestens um Eins.
- (E) Die Neutronenzahl beider Nuklide ist gleich.

56 Welche Aussagen treffen zu?

Isotope

- (1) besitzen die gleiche Kernladungszahl
 - (2) reagieren chemisch gleichartig
 - (3) besitzen unterschiedliche Atommassen
 - (4) besitzen die gleiche Neutronenzahl
- (A) nur 1 ist richtig
 - (B) nur 2 und 3 sind richtig
 - (C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 - (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 - (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

57 Welche Aussagen treffen zu?

- (1) Verschiedene Isotope eines Atoms haben die gleiche Anzahl Protonen, aber unterschiedliche Anzahlen an Neutronen.
 - (2) Verschiedene Isotope eines Elements haben unterschiedliche kernphysikalische Eigenschaften.
 - (3) Es gibt natürliche und künstliche Isotope.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 3 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 3 = alle sind richtig

58 Welche Aussagen treffen zu?

- (1) Natürliche Stoffe sind meist Gemische verschiedener Isotope ihrer atomaren Bestandteile.
 - (2) Isotope können durch Kernreaktionen künstlich erzeugt werden.
 - (3) Isotope können radioaktiv sein.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 3 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 3 = alle sind richtig

59 Welche Aussage trifft zu?

Der Kern des Chlorisotops $^{35}_{17}\text{Cl}$ besteht aus:

- (A) 35 Neutronen und 17 Protonen
 (B) 35 Protonen und 17 Neutronen
 (C) 35 Elektronen und 17 Protonen
 (D) 18 Protonen und 17 Neutronen
 (E) 18 Neutronen und 17 Protonen

60 Wie viele Neutronen enthält das Chlorisotop $^{37}_{17}\text{Cl}$?

- (A) 7
 (B) 10
 (C) 17
 (D) 20
 (E) 27

Kohlenstoffisotope

61+ Welche Aussagen über die in der Natur vorkommenden Kernarten ^{14}C und ^{14}N treffen zu?

- (1) Es sind isotope Nuklide.
 - (2) Ihre Massen sind fast gleich.
 - (3) Sie sind chemisch gleichartig.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 2 sind richtig
 (E) nur 1 und 3 sind richtig

62 Worin unterscheiden sich die Kernladungen der Kohlenstoffisotope ^{12}C und ^{13}C ?

- (A) Sie unterscheiden sich **nicht**.
 (B) Sie unterscheiden sich um die Ladung eines α -Teilchens.
 (C) Sie unterscheiden sich um die Ladung eines Protons.
 (D) Sie unterscheiden sich um die Ladung eines Elektrons.
 (E) Sie unterscheiden sich um die Summe der Ladungen eines Neutrons und eines Elektrons.

63 Welche Aussage trifft zu?

Die Kohlenstoffisotope ^{12}C und ^{13}C unterscheiden sich

- (A) in der Anzahl der Protonen
 (B) in der Anzahl der Neutronen
 (C) in der Anzahl der Elektronen
 (D) drastisch in ihrer ersten Ionisationsenergie
 (E) in ihrer radioaktiven Zerfallskonstante

64 Worin unterscheiden sich die Kohlenstoffisotope ^{12}C und ^{14}C ?

- (1) Sie unterscheiden sich in ihrer Massenzahl.
 - (2) Sie unterscheiden sich in ihrer elektrischen Kernladung.
 - (3) Eines ist stabil, das andere zerfällt radioaktiv.
 - (4) Eines kann mit Sauerstoff zu Kohlenstoffmonoxid reagieren, das andere **nicht**.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 1 und 3 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

- (A) nur 2 und 3 sind richtig
- (B) nur 1, 2 und 3 sind richtig
- (C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
- (D) nur 2, 4 und 5 sind richtig
- (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

1153 Welche Aussagen zur Katalyse einer chemischen Reaktion treffen zu?

- (1) Durch den Katalysator wird die freie Aktivierungsenthalpie ΔG^\ddagger gesenkt.
 - (2) Durch den Einsatz eines Katalysators wird die freie Reaktionsenthalpie ΔG gesenkt.
 - (3) Bei der katalysierten Reaktion erhält man stets das thermodynamisch kontrollierte Produkt.
 - (4) Der Katalysator beeinflusst die Lage des Gleichgewichts **nicht**.
- (A) nur 1 und 4 sind richtig
 - (B) nur 2 und 3 sind richtig
 - (C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 - (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 - (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1154 Welche Aussage trifft **nicht** zu?

- (A) Katalysatoren erhöhen die Geschwindigkeitskonstanten von Hin- und Rückreaktion um den gleichen Faktor.
- (B) Katalysatoren verkürzen die Reaktionszeit.
- (C) Katalysatoren können mit einem Reaktionspartner ein Zwischenprodukt bilden.
- (D) Die Aktivierungsenergie wird durch Katalysatoren verringert.
- (E) Katalysatoren verändern die Gleichgewichtskonzentrationen.

1155 Bei einer chemischen Reaktion

$B \rightleftharpoons A$ werde die Reaktion A nach B einmal mit und einmal ohne Katalysator angesetzt.

Welche Aussage zur Reaktion mit Katalysator im Vergleich zur Reaktion ohne Katalysator trifft **nicht** zu?

- (A) Die Aktivierungsenergie der Reaktion $A \rightarrow B$ ist kleiner.
- (B) Die Gleichgewichtszusammensetzung ist zugunsten des Produkts B verändert.
- (C) Die in der Zeiteinheit gebildete Menge des Produkts B ist größer.
- (D) Die Reaktion $A \rightarrow B$ ist schneller.
- (E) Das Gleichgewicht stellt sich schneller ein.

1156 Welche Aussage zu Katalysatoren trifft **nicht** zu?

- (A) Ein Katalysator verschiebt das Gleichgewicht einer Reaktion.
- (B) Ein Katalysator ist durch Bildung reaktiver Zwischenstufen an der Reaktion beteiligt.
- (C) Ein Katalysator senkt die Aktivierungsenergie der Reaktion, die er katalysiert.
- (D) Ein Katalysator verändert die Kinetik einer Reaktion.
- (E) Es genügen kleine Mengen eines Katalysators, um große Mengen der Reaktionspartner umzuwandeln.

1157 Welche Aussage trifft zu?

Als Autokatalyse bezeichnet man den Vorgang, bei welchem

- (A) ein Katalysator sowohl in homogener als auch in heterogener Phase wirkt
- (B) ein Katalysator schon bei Raumtemperatur wirkt
- (C) im Verlauf eines katalytischen Prozesses sehr reaktionsfähige Zwischenprodukte auftreten
- (D) ein Katalysator im Verlauf einer Reaktion entsteht
- (E) ein Katalysator eine endergonische Reaktion zu einer exergonischen macht

2 Anorganische Chemie

2.1 Edelgase

8. HG.: siehe auch MC-Fragen Nr. 22, 78, 244, 515, 1319

2.1.1 Vorkommen, Gewinnung, Reaktivität und Anwendung

1158⁺ Welche Aussagen über Edelgase treffen zu?

- (1) Edelgase gehen keine Verbindungen mit anderen Elementen ein.
 - (2) Edelgase besitzen das höchste Ionisierungspotential aller Elemente der jeweiligen Periode.
 - (3) Im flüssigen Zustand liegen Edelgase als zweiatomige Moleküle vor.
 - (4) Radon ist ein natürlich vorkommendes radioaktives Edelgas.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1159⁺ Welche Aussagen über Edelgase treffen zu?

- (1) Sie weisen die höchsten 1. Ionisierungsenergien ihrer jeweiligen Periode auf.
- (2) Sie liegen atomar vor.

- (3) Sie lassen sich nicht verflüssigen.
- (4) Sie gehen keine Verbindungen mit anderen Elementen ein.

- (A) nur 3 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 1 und 4 sind richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1160 Welche Aussage zu Edelgasen trifft zu?

- (A) Die Gewinnung aus Luft setzt die Reduktion von Edelgasoxiden voraus.
- (B) Die Schmelzpunkte der Edelgase steigen vom Helium zum Radon hin an.
- (C) Die Reaktivität der Edelgase nimmt vom Helium zum Radon hin ab.
- (D) Edelgasbromide bilden sich leichter als die entsprechenden Fluoride.
- (E) Edelgasoxide sind starke Elektronendonatoren.

1161⁺ Welche Aussagen über Edelgase treffen zu?

- (1) Alle Edelgasatome haben in der äußersten Schale die Elektronenkonfiguration ns^2p^6 .
- (2) Alle Edelgase treten als Bestandteile der Luft auf.
- (3) Alle Edelgase werden technisch nur aus flüssiger Luft gewonnen.
- (4) Von allen Edelgasen in der Luft weist Argon die höchste Konzentration auf.
- (5) Argon ist ein oft verwendetes Schutzgas.

- (A) nur 4 und 5 sind richtig
 (B) nur 1, 2 und 3 sind richtig

- (C) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 4 und 5 sind richtig
 (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

1162 Welche der folgenden Elemente bzw. Verbindungen wird technisch aus Luft gewonnen?

- (A) Helium
 (B) Xenon
 (C) Kohlendioxid
 (D) Kohlenmonoxid
 (E) Chlor

1163 Welche Aussagen über Edelgase treffen zu?

Edelgase

- (1) kommen in der Natur vor
 (2) haben unterschiedliche Farben
 (3) kommen in elementarer Form nur atomar vor
 (4) gehen keinerlei Verbindungen ein
 (5) besitzen alle vollständig besetzte s-, p- und d-Orbitale
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 1 und 3 sind richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 4 und 5 sind richtig
 (E) nur 3, 4 und 5 sind richtig

1164⁺ Welche Aussage über Edelgase trifft **nicht** zu?

- (A) Argon ist das in Luft am häufigsten vorhandene Edelgas.
 (B) Die technische Gewinnung von Neon, Krypton und Xenon erfolgt vorwiegend aus Erdgas.
 (C) Helium besitzt den tiefsten Schmelz- und Siedepunkt aller Gase.
 (D) Im Gitter von Eis sowie einiger organischer Verbindungen können Edelgase eingeschlossen werden.
 (E) Von Xenon wurden die ersten stabilen Edelgasverbindungen hergestellt.

1165 Welches der folgenden Elemente bildet keine isolierbaren Verbindungen mit anderen Elementen?

- (A) Samarium
 (B) Helium
 (C) Gadolinium
 (D) Cer
 (E) Xenon

1166⁺ Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Helium

- (A) entsteht bei bestimmten radioaktiven Zerfallsvorgängen
 (B) hat die niedrigste Siedetemperatur aller bekannten Stoffe
 (C) bildet stabile Fluoride
 (D) wird technisch aus bestimmten Erdgasen gewonnen
 (E) zeigt bei sehr tiefen Temperaturen das Phänomen der Suprafluidität

1167 Welche Aussagen treffen zu?

Argon

- (1) ist ein nicht-brennbares Gas
 (2) besitzt einen tieferen Siedepunkt als Helium
 (3) ist das in Luft am häufigsten vorkommende Edelgas
 (4) besitzt die höchste 1. Ionisierungsenergie aller Elemente seiner Periode
- (A) nur 1 und 3 sind richtig
 (B) nur 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1168⁺ Welche Aussagen treffen zu?

Argon

- (1) ist das in Luft am häufigsten vorkommende Edelgas
 (2) kann als Schutzgas verwendet werden
 (3) bildet Oxide vom Typ ArO_2
 (4) besitzt eine dem Wasserstoff vergleichbare Elektronegativität
- (A) nur 2 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1169 Welche Aussagen treffen zu?

Das Edelgas Xenon

- (1) liegt atomar vor
 (2) hat die Elektronenkonfiguration $[\text{Kr}] 4d^{10}5s^25p^6$
 (3) bildet mit Fluor stabile Verbindungen
 (4) besitzt einen höheren Siedepunkt als Helium

- (A) nur 4 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1170+ Welche Aussagen zu Xenon treffen zu?

- (1) Xenon bildet mit Fluor kovalente Bindungen.
 (2) Xenon hat die Valenzelektronenkonfiguration $5s^2 5p^6 4d^{10}$.
 (3) Xenon steht im Periodensystem in der 18. Gruppe (8. Hauptgruppe).
 (4) Xenon steht im Periodensystem in der 5. Periode.
- (A) nur 2 und 3 sind richtig
 (B) nur 3 und 4 sind richtig
 (C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1171 Welche Aussagen zu Xenon und seinen Verbindungen treffen zu?

- (1) Xenon fällt als Nebenprodukt bei der fraktionierten Destillation verflüssigter Luft an.
 (2) Xenon ist ein nicht-brennbares Gas.
 (3) Xenonfluoride sind wirksame Fluorierungsmittel.
 (4) Xenontetrafluorid ist ein starkes Oxidationsmittel.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1172 Welche Gase oder Dämpfe sind bei Normalbedingungen leichter als Luft?

- (1) Heliumgas
 (2) Diethylether-Dämpfe
 (3) Brom-Dämpfe
 (4) Wasserstoffgas
 (5) Argongas
- (A) nur 1 und 4 sind richtig
 (B) nur 1 und 5 sind richtig
 (C) nur 3 und 5 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

2.2 Wasserstoff

siehe auch MC-Fragen Nr. 71, 92, 133, 196–199, 864, 1012, 1579, 1618–1625, 1661

2.2.1 Gewinnung und Bildung von Wasserstoff

1173 Welche der folgenden Umsetzungen führt **nicht** zu Wasserstoff?

- (A) $\text{CaH}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$
 (B) $\text{Zn} \xrightarrow{\text{NaOH}/\text{H}_2\text{O}}$
 (C) $\text{Al} \xrightarrow{\text{NaOH}/\text{H}_2\text{O}}$
 (D) $\text{CO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O (Gas)}}$
 (E) $\text{Mg}_2\text{N}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$

1174 Welche der folgenden Reaktionen führt **nicht** zu Wasserstoff?

- (A) $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
 (B) $\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{Fe}^{3+}(\text{kat.})}$
 (C) $\text{Na} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \longrightarrow$
 (D) $\text{Al} + \text{NaOH}/\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Katalysator, } \Delta}$
 (E) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O (Gas)} \longrightarrow$

1175+ Welche Reaktion ist für die Gewinnung von H_2 aus H_2O **nicht** brauchbar?

- (A) $\text{H}_2\text{O} + \text{CaH}_2 \rightarrow \text{CaO} + 2 \text{H}_2$
 (B) $\text{H}_2\text{O} + \text{NaH} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$
 (C) $\text{H}_2\text{O} + \text{C} \xrightarrow{\Delta} \text{CO} + \text{H}_2$
 (D) $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{SO}_3 + \text{H}_2$
 (E) $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$

1176+ Welche Reaktion beschreibt die Auflösung eines Metalls in überschüssiger Säure richtig?

- (A) $\text{Fe} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
 (B) $\text{Cr} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2$
 (C) $\text{Ag} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \frac{1}{2} \text{H}_2$
 (D) $\text{Sb} + 3 \text{HCl} \rightarrow \text{SbCl}_3 + \frac{3}{2} \text{H}_2$
 (E) Keine der genannten Reaktionen

1177⁺ Welche Reaktion ist zur Gewinnung von Wasserstoff **nicht** geeignet?

- (A) $\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
- (B) $\text{Cu} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2$
- (C) $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{CO} + \text{H}_2$
- (D) $2 \text{Na} + 2 \text{NH}_3 \rightarrow 2 \text{NaNH}_2 + \text{H}_2$
- (E) $\text{CaH}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}_2$

1178⁺ Im Folgenden ist (in einer schematisierten Schreibweise) die Oxidation verschiedener Metalle in Salzsäure ($c = 6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) dargestellt. Welche dieser Redoxreaktionen läuft bei Abwesenheit von Luftsauerstoff **nicht** ab?

- (A) $\text{Pb} + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{Pb}^{4+} + 2 \text{H}_2$
- (B) $2 \text{Al} + 6 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{H}_2$
- (C) $\text{Fe} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2$
- (D) $\text{Mg} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2$
- (E) $\text{Zn} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$

1179⁺ Im Folgenden ist (in einer schematisierten Schreibweise) die Oxidation verschiedener Metalle in Salzsäure ($c = 6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) dargestellt. Welche dieser Redoxreaktionen laufen bei Abwesenheit von Luftsauerstoff ab?

- (1) $\text{Sn} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Sn}^{2+} + \text{H}_2$
 - (2) $2 \text{Al} + 6 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{H}_2$
 - (3) $\text{Mg} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mg} + \text{H}_2$
 - (4) $\text{Zn} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$
- (A) nur 4 ist richtig
 - (B) nur 2 und 3 sind richtig
 - (C) nur 3 und 4 sind richtig
 - (D) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 - (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1180 Das Verhalten von Redoxsystemen lässt sich anhand der Spannungsreihe voraussagen. Welche der folgenden Redoxreaktionen laufen in der angegebenen Form freiwillig ab?

- (1) $2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Na}^+ + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$
 - (2) $\text{Ca} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$
 - (3) $\text{Cu} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - (4) $\text{Fe} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - (5) $\text{Zn} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- (A) nur 1 und 2 sind richtig
 - (B) nur 3 und 4 sind richtig
 - (C) nur 1, 2 und 5 sind richtig
 - (D) nur 3, 4 und 5 sind richtig
 - (E) nur 1, 2, 4 und 5 sind richtig

1181 Welche Aussagen treffen zu?

In konzentrierter Salpetersäure lösen sich unter Bildung der entsprechenden Metallkationen:

- (1) Kupfer
- (2) Quecksilber
- (3) Magnesium
- (4) Gold
- (5) Silber

- (A) nur 1 und 3
- (B) nur 2 und 4
- (C) nur 3, 4 und 5 sind richtig
- (D) nur 1, 2, 3 und 5 sind richtig
- (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

1182⁺ Welche Aussage über die Bildung des Wasserstoffs trifft zu?

- (A) Wasserstoff entsteht bei der Zersetzung von Silberamalgam mit Wasser.
- (B) Wasserstoff kann durch Reaktion von feingepulvertem Kupfer mit Salzsäure dargestellt werden.
- (C) Wasserstoff kann im Labormaßstab durch Reaktion von Eisenspänen mit konzentrierter Salpetersäure bei Raumtemperatur erzeugt werden.
- (D) Beim Behandeln einer Ni-Al-Legierung (Raney-Legierung) mit wässriger Natriumhydroxid-Lösung entsteht Wasserstoff.
- (E) Bei der Elektrolyse von angesäuertem Wasser entsteht an der Anode Wasserstoff.

Atomarer Wasserstoff

1183⁺ Welche Aussage über die Bildung von molekularem Wasserstoff (H_2) aus atomarem Wasserstoff ($\text{H} \cdot$) trifft **nicht** zu?

- (A) Die H_2 -Bildung ist ein exothermer Prozess.
- (B) Die Stabilität der H_2 -Bindung wird durch die Paarung der Elektronenspins hervorgerufen.
- (C) Aus paramagnetischem $\text{H} \cdot$ wird diamagnetischer H_2 .
- (D) Das Energieniveau des bindenden Molekülorbitals in H_2 ist niedriger als das Energieniveau des 1s-Atomorbitals in $\text{H} \cdot$.
- (E) Die Bindungselektronen besitzen antiparallelen Spin (Pauli-Prinzip).

1184 Welche Aussagen über atomaren Wasserstoff treffen zu?

Atomarer Wasserstoff

- (1) ist ein schwaches Reduktionsmittel
 - (2) reagiert mit Arsen und Antimon zu AsH_3 bzw. SbH_3
 - (3) ist bei Raumtemperatur **nicht** existent
 - (4) kann bei hohen Temperaturen aus H_2 erzeugt werden
 - (5) entsteht aus H_2 an der Oberfläche fein verteilter Platinmetalle
- (A) nur 1 und 4 sind richtig
 (B) nur 2 und 5 sind richtig
 (C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 4 und 5 sind richtig
 (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

1185⁺ Welche Aussagen treffen zu?

Atomarer Wasserstoff

- (1) ist ein schwaches Reduktionsmittel
 - (2) reagiert endotherm zu molekularem H_2
 - (3) kann bei hohen Temperaturen aus H_2 erzeugt werden
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 3 = alle sind richtig

2.2.2 Wasserstoffisotope

1186 Welche Aussagen treffen zu?

Wasserstoff (H_2) und Deuterium (D_2) unterscheiden sich

- (1) in ihrer relativen Molekülmasse
 - (2) in ihren physikalischen Eigenschaften
 - (3) in ihrer Bindungsenergie
 - (4) in ihren jeweiligen Reaktionsgeschwindigkeiten bei der Reaktion mit Sauerstoff (Knallgasreaktion) bzw. Chlor (Chlorknallgasreaktion)
- (A) nur 2 ist richtig
 (B) nur 1 und 4 sind richtig
 (C) nur 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1187 Welche Aussagen über Wasserstoff, dessen Isotope und Verbindungen treffen zu?

- (1) Atomarer Wasserstoff ist paramagnetisch.
 - (2) Für die homolytische Spaltung von Wasserstoff H_2 wird eine Energiemenge von mindestens 4000 kJ/mol benötigt.
 - (3) Deuterium ist ein radioaktives Wasserstoffisotop.
 - (4) Deuteriumoxid („Schweres Wasser“, D_2O) wird in Schwerwasserreaktoren als Kühlmittel verwendet.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 3 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 1 und 4 sind richtig
 (E) nur 3 und 4 sind richtig

1188 Welche Aussagen zu Wasserstoffisotopen treffen zu?

- (1) Der Atomkern von ^1H besteht aus einem Proton und einem Neutron.
- (2) Die Ursache für die unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Wasserstoffisotope ist deren großer prozentualer Massenunterschied.
- (3) Die Reaktionsgeschwindigkeiten deuterierter Verbindungen sind meist größer als die entsprechender H-Verbindungen.
- (4) Deuterium-markierte Wasserstoffverbindungen finden bei der Aufklärung von Reaktionsmechanismen Verwendung.

- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1189 Welche Aussage zu Wasserstoffisotopen trifft **nicht** zu?

- (A) Es existieren drei verschiedene Isotope.
- (B) Alle besitzen ein Proton.
- (C) Sie haben alle Massenzahlen größer als 1.
- (D) Sie besitzen alle die gleiche Elektronenzahl.
- (E) Die Neutronenzahl ist die Differenz von Massen- und Ordnungszahl.

1190 Welche Aussagen treffen zu?

Deuterium

- (1) lässt sich durch Elektrolyse von Wasser gewinnen
 - (2) ist reaktionsfähiger als Wasserstoff
 - (3) kann zur Herstellung von deuterierten Verbindungen (z. B. Metalldeuteriden) dienen.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) nur 2 und 3 sind richtig

1191⁺ Welche Aussagen über Deuterium treffen zu?

Deuterium

- (1) besitzt gleich viele Valenzelektronen wie Wasserstoff
 - (2) besitzt ein Valenzelektron mehr als Wasserstoff
 - (3) lässt sich an einer Platinelektrode (kathodisch) zu Wasserstoff reduzieren
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) nur 2 und 3 sind richtig

1192 Welche Aussage über Deuterium (D_2) trifft zu?

- (A) Es ist ein α -Strahler.
- (B) Es ist ein β^- -Strahler.
- (C) Es ist ein γ -Strahler.
- (D) Sein Schmelzpunkt ist niedriger als der von gewöhnlichem Wasserstoff (H_2).
- (E) Die Umsetzung mit Chlor verläuft langsamer als die von gewöhnlichem Wasserstoff (H_2).

1193⁺ Welche Aussage über das Wasserstoffisotop Tritium (3H) trifft zu?

Tritium

- (A) ist ein α -Strahler
- (B) ist ein β^- -Strahler
- (C) ist ein γ -Strahler
- (D) zerfällt unter Neutronenemission
- (E) ist ein stabiles Isotop

1194 Welche Aussagen treffen zu?

Schweres Wasser

- (1) enthält pro Molekül ein Atom Tritium
 - (2) enthält pro Molekül zwei Atome Deuterium
 - (3) wird in NMR-Experimenten zur Erkennung austauschbarer Protonen eingesetzt
 - (4) ist radioaktiv
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 1 und 4 sind richtig
 (C) nur 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 2 und 4 sind richtig
 (E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

1195 Welche Aussagen über Schweres Wasser (D_2O) treffen zu?

- (1) Es kann durch Elektrolyse von Wasser stufenweise angereichert werden.
 - (2) Sein Ionenprodukt ist kleiner als das von H_2O .
 - (3) Seine Dichte ist größer als die von H_2O .
 - (4) Sein Siedepunkt ist höher als der von H_2O .
- (A) nur 2 ist richtig
 (B) nur 1 und 3 sind richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1196⁻ Welche der folgenden Isotopenaustauschreaktionen mit D_2O findet normalerweise **nicht** statt?

- (A) $NH_4^+ + D_2O \rightarrow NH_3D^+ + HDO$
- (B) $CH_3-OH + D_2O \rightarrow CH_3-OD + HDO$
- (C) $CH_3-CH_2-CH_3 + D_2O \rightarrow CH_3-CH_2-CH_2D + HDO$
- (D) $CH_3-CO-CH_2-CO-CH_3 + D_2O \rightarrow CH_3-CO-CHD-CO-CH_3 + HDO$
- (E) $CH_3-CO_2H + D_2O \rightarrow CH_3-CO_2D + HDO$

1197⁻ Welche der folgenden Reaktionen führt **nicht** zu einem deuterierten Produkt?

- (A) $CH_4 + D_2/Ni \rightarrow$
- (B) $CH_4 + D_2O \rightarrow$
- (C) $CH_3MgBr + D_2O \rightarrow$
- (D) $CH_3CO-R + D_2O \rightarrow$
- (E) $CH_2 = CH_2 + D_2/Pt \rightarrow$

2.2.3 Eigenschaften und Reaktionen von Wasserstoff

1198 Welche Aussagen treffen zu? Wasserstoff

- (1) ist das im Weltall am häufigsten vorkommende Element
 - (2) entsteht bei der Umsetzung von Zink mit Salzsäure
 - (3) ist – in molekularer Form – eine extrem schwache Säure
 - (4) ist in Form des ${}^2\text{H}$ deutlich reaktionsfähiger als ${}^1\text{H}$
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 4 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) nur 1, 2 und 3 sind richtig

1199* Welche Aussage über Wasserstoff trifft **nicht** zu?

- (A) Wasserstoff ist das kosmisch häufigste Element.
- (B) Seine technische Gewinnung kann durch Reduktion von Wasser mit Kohle erfolgen.
- (C) Als Folge der relativ großen Bindungsenthalpie ist molekularer Wasserstoff ziemlich reaktionsträge.
- (D) Aufgrund der geringen relativen Atommasse sind die Reaktionsgeschwindigkeiten der verschiedenen Wasserstoffisotope identisch.
- (E) Er vermag sowohl als Reduktionsmittel als auch als Oxidationsmittel zu wirken.

1200 Welche Aussagen über Wasserstoff treffen zu?

- (1) Er kommt als Anion und Kation vor.
- (2) Der Atomkern von ${}^1\text{H}$ besteht aus einem Proton und einem Neutron.
- (3) In NaH und CaH_2 ist der Wasserstoff jeweils durch eine Atombindung an ein anderes Element gebunden.
- (4) Neben ${}^1\text{H}$ existieren zwei weitere Wasserstoffisotope.

- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 1 und 4 sind richtig
 (D) nur 2 und 4 sind richtig
 (E) nur 1, 3 und 4 sind richtig

1201 Welche Aussage trifft zu?

- (A) Im Orthowasserstoff besitzen die Elektronen parallelen Spin.
- (B) Im Parawasserstoff besitzen die Elektronen parallelen Spin.
- (C) Im Orthowasserstoff besitzen die Nukleonen parallelen Spin.
- (D) Im Parawasserstoff besitzen die Nukleonen parallelen Spin.
- (E) Keine der Aussagen (A) bis (D) trifft zu

Reaktionen von Wasserstoff

1202* Welche Aussage über Reaktionen des Wasserstoffs trifft **nicht** zu?

- (A) Die Knallgasreaktion verläuft über Radikale.
- (B) Knallgas kann bei Raumtemperatur ohne merkliche Umsetzung aufbewahrt werden.
- (C) Wasserstoff kann von Palladium absorbiert werden.
- (D) Lithium reagiert beim Erhitzen mit Wasserstoff.
- (E) Wassergas ist eine Mischung von H_2 mit CO_2 .

1203* Welche Aussage über Knallgas trifft **nicht** zu?

- (A) Knallgas ist ein Gemisch aus Sauerstoff und Wasserstoff.
- (B) Knallgas ist bei Raumtemperatur thermodynamisch stabil.
- (C) Bei Zimmertemperatur erfolgt die Reaktion von Sauerstoff mit Wasserstoff in Abwesenheit von Katalysatoren extrem langsam.
- (D) Die Knallgasreaktion weist eine hohe Aktivierungsenergie auf.
- (E) Die Knallgasreaktion verläuft unter Beteiligung von Radikalen.

2.2.4 Wasserstoffverbindungen (Hydride)

1204 Welche Aussagen zu kovalenten Hydriden treffen zu?

In diesen Verbindungen

- (1) können Elektronenmangelbindungen vorliegen
 - (2) kann der Wasserstoff positiv polarisiert sein und als Oxidationsmittel wirken
 - (3) kann der Wasserstoff negativ polarisiert sein und als Reduktionsmittel wirken
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1 bis 3 = alle sind richtig

1205 Welche Aussage zu Wasserstoffverbindungen trifft **nicht** zu?

- (A) Wasserstoff bildet mit Elementen der 1. und 2. Hauptgruppe salzartige Hydride.
- (B) Salzartige Hydride reagieren mit Wasser zu Wasserstoff.
- (C) Elemente der 3. bis 7. Hauptgruppe bilden mit Wasserstoff kovalente Hydride.
- (D) Komplexe Hydride sind gute Reduktionsmittel für Ketone oder Carbonsäureester.
- (E) Alle komplexen Hydride reagieren heftig mit Wasser unter Wasserstoffentwicklung.

1206 In welcher Reihenfolge nimmt die thermische Beständigkeit der angegebenen Hydride zu?

- (A) $\text{NH}_3 < \text{PH}_3 < \text{AsH}_3 < \text{SbH}_3 < \text{BiH}_3$
- (B) $\text{PH}_3 < \text{NH}_3 < \text{BiH}_3 < \text{SbH}_3 < \text{AsH}_3$
- (C) $\text{BiH}_3 < \text{SbH}_3 < \text{AsH}_3 < \text{PH}_3 < \text{NH}_3$
- (D) $\text{NH}_3 < \text{PH}_3 < \text{SbH}_3 < \text{AsH}_3 < \text{BiH}_3$
- (E) $\text{BiH}_3 < \text{AsH}_3 < \text{SbH}_3 < \text{NH}_3 < \text{PH}_3$

1207 Welche Bindungstypen können bei Wasserstoffverbindungen von Elementen der 2. Periode auftreten?

- (1) Metallbindung
- (2) Ionenbindung
- (3) Dreizentrenbindung
- (4) Atombindung

- (A) nur 2 ist richtig
- (B) nur 4 ist richtig
- (C) nur 1 und 3 sind richtig
- (D) nur 2 und 4 sind richtig
- (E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

1208 Welche Aussage trifft **nicht** zu? Natriumhydrid

- (A) lässt sich aus den Elementen darstellen
- (B) kristallisiert in einem Ionengitter
- (C) ist weniger basisch als Natriumhydroxid
- (D) reagiert mit Alkoholen unter Wasserstoffentwicklung
- (E) dient zur Herstellung von Natriumborhydrid (NaBH_4)

1209 In welcher der aufgeführten Wasserstoffverbindungen ist der Wasserstoff elektronegativer als sein Bindungspartner?

- (A) H_3BO_3
- (B) CHCl_3
- (C) SiH_4
- (D) NH_3
- (E) H_2S

1210 In welcher der aufgeführten Wasserstoffverbindungen ist der Wasserstoff elektronegativer als sein Bindungspartner?

- (A) B_2H_6
- (B) H_3BO_3
- (C) C_2H_2
- (D) N_2H_4
- (E) H_2S

1211 In welcher der aufgeführten Wasserstoffverbindungen ist der Wasserstoff elektronegativer als sein Bindungspartner?

- (1) H_3BO_3
 - (2) CH_4
 - (3) NH_3
 - (4) LiAlH_4
 - (5) NaBH_4
- (A) bei keiner der aufgeführten Verbindungen
 (B) nur bei 1 und 5
 (C) nur bei 4 und 5
 (D) nur bei 1, 2 und 3
 (E) bei 1 bis 5 = bei allen

1212⁺ Bei welcher der folgenden Verbindungen ist der ionische Charakter am stärksten ausgeprägt?

- (A) CaH_2
- (B) SiH_4
- (C) AsH_3
- (D) B_2H_6
- (E) $\text{PdH}_{0,8}$

1213 In welcher der folgenden Verbindungen ist Wasserstoff elektronegativer als sein Bindungspartner?

- (1) LiH
- (2) CH_4
- (3) SiH_4
- (4) LiAlH_4

- (A) nur 4 ist richtig
- (B) nur 1 und 2 sind richtig
- (C) nur 2 und 3 sind richtig
- (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
- (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

1214 In welchen der folgenden Verbindungen ist Wasserstoff elektronegativer als sein Bindungspartner?

- (1) NaH
- (2) B_2H_6
- (3) CH_4
- (4) SiH_4

- (A) nur in 1
- (B) nur in 2
- (C) nur in 3 und 4
- (D) nur in 1, 2 und 4
- (E) in 1 bis 4 = in allen

1215 Ordnen Sie die Wasserstoffverbindungen von Elementen der 4. Hauptgruppe nach steigendem Siedepunkt!

- (A) CH_4 , SiH_4 , GeH_4 , SnH_4
- (B) SiH_4 , GeH_4 , SnH_4 , CH_4
- (C) SnH_4 , CH_4 , SiH_4 , GeH_4
- (D) GeH_4 , SnH_4 , CH_4 , SiH_4
- (E) CH_4 , SiH_4 , SnH_4 , GeH_4

Komplexe Hydride

1216 Welche Aussage zu Tetrahydridboraten trifft **nicht** zu?

- (A) Tetrahydridborate, wie z. B. Natriumtetrahydridborat (Natriumborhydrid), eignen sich für die Reduktion von Ketonen zu sekundären Alkoholen.
- (B) Das Tetrahydridborat-Ion $[\text{BH}_4]^-$ ist planar gebaut.
- (C) Natriumtetrahydridborat (Natriumborhydrid) lässt sich durch Umsetzung von Trimethylborat $[\text{B}(\text{OCH}_3)_3]$ mit Natriumhydrid gewinnen.
- (D) Das Tetrahydridborat-Ion $[\text{BH}_4]^-$ ist isoelektronisch zu Methan.
- (E) Natriumtetrahydridborat (Natriumborhydrid) zersetzt sich in Wasser oder Alkoholen, wie z. B. Methanol, nur langsam.

1217⁺ Welche Aussage über Natriumborhydrid bzw. Lithiumaluminiumhydrid trifft **nicht** zu?

- (A) Sie werden als komplexe Metallhydride bezeichnet.
- (B) Sie werden vor allem in der organischen Chemie als Reduktionsmittel eingesetzt.
- (C) Natriumborhydrid ist für die Verwendung in wässrigem Medium ungeeignet.
- (D) Lithiumaluminiumhydrid wird durch Wasser in heftiger Reaktion zersetzt.
- (E) Lithiumaluminiumhydrid wird technisch aus Aluminiumchlorid und Lithiumhydrid hergestellt.

1218⁺ Welche Aussage über Hydride trifft **nicht** zu?

- (A) NaBH_4 ist im Vergleich zu LiAlH_4 in wässriger Lösung relativ stabil.
- (B) Bei der Reaktion von Natriumhydrid mit Wasser entsteht eine saure Lösung.
- (C) LiAlH_4 ist in Diethylether löslich.
- (D) Bei der Schmelzelektrolyse salzartiger Hydride entsteht an der Anode Wasserstoff.
- (E) Das Hydrid-Ion ist isoster (isoelektronisch) zum Li^+ -Ion.

1219 Bei welchen der folgenden Verbindungen beobachtet man beim Einbringen in Wasser eine heftige Gasentwicklung?

- (1) CH_3Li
 - (2) LiAlH_4
 - (3) NaBH_4
 - (4) CaH_2
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

2.3 Halogene

7. HG.: siehe auch MC-Fragen Nr. 514, 957, 1924, 1025, 1387, 1388, 1442, 1443, 1449, 1492–1495, 1580, 1603, 1642–1647, 1662–1665, 1681, 1732, 1743, 1744

2.3.1 Vorkommen und Gewinnung der Elemente

1220⁺ Welche der folgenden Reaktionen sind zur Gewinnung von Chlor geeignet?

- (1) $4 \text{HCl} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Katalysator}} 2 \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - (2) $2 \text{Cl}^- \xrightarrow[\text{(Wasser)}]{\text{Anode}} \text{Cl}_2$
 - (3) $2 \text{Cl}^- + \text{I}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{I}^-$
 - (4) $\text{CaCl}(\text{OCl}) + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - (5) $4 \text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- (A) nur 3 ist richtig
 (B) nur 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 1, 2 und 5 sind richtig
 (D) nur 1, 2, 4 und 5 sind richtig
 (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

1221⁺ Welche Aussage trifft **nicht** zu? Chlor kann auf folgende Weise erhalten werden:

- (A) $\text{HCl} + \text{PbO} \rightarrow$
- (B) $\text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow$
- (C) $\text{CaCl}(\text{OCl}) + \text{HCl} \rightarrow$
- (D) $\text{HCl} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{CuCl}_2\text{-Katalysator}}$
- (E) Elektrolyse von wässriger NaCl-Lösung

1222⁺ Durch welche der folgenden Verfahren/Umsetzungen lässt sich Chlor **nicht** darstellen?

- (A) wässrige HCl $\xrightarrow{\text{Elektrolyse}}$
- (B) $\text{CaCl}(\text{OCl}) + \text{wässrige HCl} \rightarrow$
- (C) $\text{PCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- (D) wässrige HCl + $\text{MnO}_2 \rightarrow$
- (E) $\text{HCl} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{CuCl}_2}$

1223 Welche der folgenden Ausgangsprodukte/Methoden liefern als Produkt Chlor?

- (1) Anodische Oxidation von Chlorid
 - (2) Umsetzung von Salzsäure mit Braunstein
 - (3) Umsetzung von Chlorkalk mit Salzsäure
 - (4) Katalytische Oxidation von HCl mit Luft-sauerstoff
 - (5) Umsetzung von Eisenoxid mit Salzsäure
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 und 5 sind richtig
 (C) nur 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

1224⁺ Welche der folgenden Reaktionen sind zur Gewinnung von Iod geeignet?

- (1) $4 \text{HI} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{I}_2 + \text{MnI}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - (2) $2 \text{HIO}_3 + 5 \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{I}_2 + 5 \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 - (3) $2 \text{I}^- \xrightarrow[\text{(Wasser)}]{\text{Anode}} \text{I}_2$
 - (4) $2 \text{I}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{Cl}^-$
- (A) nur 3 ist richtig
 (B) nur 1 und 4 sind richtig
 (C) nur 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1 bis 4 = alle sind richtig

- (A) nur 3 ist richtig
- (B) nur 1 und 3 sind richtig
- (C) nur 4 und 5 sind richtig
- (D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
- (E) 1 bis 5 = alle sind richtig

1786 Welche Aussagen über Platin-Verbindungen treffen zu?

- (1) Platin(II)-Komplexe mit vier Liganden sind bevorzugt tetraedrisch aufgebaut.
- (2) Diammindichloroplatin(II) kann als *cis*- und *trans*-Isomer vorliegen.
- (3) Königswasser oxidiert elementares Platin zu Platin(IV).

- (A) nur 1 ist richtig
- (B) nur 2 ist richtig
- (C) nur 3 ist richtig
- (D) nur 1 und 3 sind richtig
- (E) nur 2 und 3 sind richtig

1787 Welche Aussage zu Palladium bzw. Palladiumkomplexen trifft nicht zu?

- (A) Palladium katalysiert die Hydrierung olefinischer Doppelbindungen.
- (B) Palladium zählt zu den Platinmetallen.

- (C) Palladium nimmt elementaren Wasserstoff unter Bildung von Einlagerungsverbindungen auf.
- (D) Palladium(0)-Komplexe, wie z. B. $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$, eignen sich als Katalysatoren für Kupplungsreaktionen von metallorganischen Verbindungen mit Aryl- oder Alkynylhalogeniden.
- (E) Palladium löst sich in Kohlenwasserstoffen, wie z. B. *n*-Hexan.

1788 Welche Aussage zu Osmium bzw. Osmiumverbindungen trifft **nicht** zu?

- (A) Osmiumtetroxid (OsO_4) wird zur *cis*-Dihydroxylierung von Alkenen eingesetzt.
- (B) Osmium zählt zu den Platinmetallen.
- (C) Osmium(VI)-säure wird durch Oxidationsmittel, wie z. B. Wasserstoffperoxid, zu Osmiumteroxid oxidiert.
- (D) Osmiumtetroxid besitzt eine tetraedrische Struktur.
- (E) Osmium löst sich in Wasser unter Wasserstoffentwicklung.

Kommentare

1 Allgemeine Chemie

Nutzerhinweis: Die Fragen werden fortlaufend kommentiert, wobei ähnliche Fragen zusammen beantwortet werden.

1.0 Grundbegriffe, Grundgesetze

1 (B)

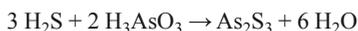
■ **Chemische Reaktionen** sind Prozesse, bei denen Stoffe (*Edukte*, Startmaterialien, Ausgangsstoffe) unter Wärmeabgabe oder Wärmeaufnahme in andere Stoffe (*Produkte*) umgewandelt werden. Diese Stoffumwandlung kann anschaulich durch eine **Reaktionsgleichung** dargestellt werden, in der die Edukte (links angeordnet) von den Produkten (rechts angeordnet) durch einen Reaktionspfeil voneinander getrennt sind.

Edukte → Produkte

■ Bei chemischen Reaktionen gilt das *Gesetz von der Erhaltung der Masse (Lavoisier)*. Darüber hinaus sind in chemischen Verbindungen die Atome in einem bestimmten Massenverhältnis enthalten. Aus diesem Grund reagieren die an der Reaktion beteiligten Stoffe stets in einem typischen *konstanten* Massenverhältnis miteinander (**Proust – Gesetz der konstanten Massenverhältnisse**).

Das bedeutet, dass die Art und Anzahl der Atome auf der linken Seite der Reaktionsgleichung mit denen auf der rechten Seite übereinstimmen muss. Um dies zu gewährleisten, muss man die jeweiligen Substanzformeln mit geeigneten Faktoren (*Molzahlen, stöchiometrische Umsatzzahlen*) multiplizieren. Wenn die Molzahlen aller beteiligten Elemente auf beiden Seiten gleich sind, ist die Reaktionsgleichung *ausgeglichen*.

Beispielsweise reagieren 3 Mol Schwefelwasserstoff (H_2S) mit 2 Mol Arsenige Säure (H_3AsO_3) zu 1 Mol Arsen(III)-sulfid (As_2S_3) und 6 Mol Wasser (H_2O). In den Reaktionsgleichungen wird die Zahl 1 nicht geschrieben.



■ Die **Stoffmenge (n)** bezieht sich nur auf die Teilchenzahl. Ihre SI-Basiseinheit heißt **Mol** (Einheitszeichen: **mol**). **1 Mol** eines Stoffes enthält stets **6,02214076 · 10²³** Teilchen (Atome, Ionen, Moleküle, Radikale, Elektronen, Protonen, Neutronen u.a.). Diese Zahl wird auch *Avogadro-Zahl* (N_A) genannt. [Anmerkung: Nach der *neuen Definition* der Avogadro-Konstanten im Jahre 2019 ist die Teilchenzahl in einem Mol nun exakt festgelegt. Dafür hat ein Mol ¹²C nicht mehr exakt eine Masse von 12 Gramm. Nach der *alten Definition* bestand 1 Mol eines Stoffes aus ebenso vielen Teilchen, wie Atome in 12 Gramm des ¹²C-Isotops enthalten sind! Das Mol ist somit über die Avogadro-Konstante definiert; früher war es umgekehrt!]

– Sind an einer Reaktion nur **Gase** beteiligt, kann das *Stoffmengenverhältnis* der beteiligten Teilchen auch als *Volumenverhältnis* ausgedrückt werden. Mit anderen Worten, Gase reagieren stets

im Volumenverhältnis kleiner ganzer Zahlen miteinander (*Volumengesetz von Gay-Lussac*). Dies ergibt sich aus der direkten Proportionalität von Gasvolumen (V) und Stoffmenge (n) eines Gases, die in der *idealen Gasgleichung* wie folgt miteinander verknüpft sind:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Hält man den Druck (p) und die Temperatur (T) während der Reaktion konstant, so erhöht sich das Volumen (V), wenn die Stoffmenge (n) vergrößert wird.

■ Die **Masse** (m) eines Stoffes hängt mit seiner Stoffmenge (n) wie folgt zusammen, wobei M die **molare Masse** (Molekülmasse) des betreffenden Stoffes bedeutet.

$$m = n \cdot M$$

Da die molaren Massen (M) von Stoffen im Allgemeinen verschieden sind, entspricht das Stoffmengenverhältnis der beteiligten Reaktanden im Allgemeinen *nicht* ihrem Massenverhältnis.

2 (A)

■ Die *Hydrolyse* ist eine chemische Reaktion, bei der es durch die *Reaktion mit Wasser* zur Spaltung einer oder mehrerer chemischer Bindungen und somit zur Stoffumwandlung kommt.

■ Vorgänge wie *Sublimation*, *Schmelzen* oder *Sieden* sind physikalische Prozesse, die mit der Änderung des Aggregatzustandes von Stoffen einhergehen.

■ *Kristallisation* und *Extraktion* zählen zu den physikalischen Reinigungsverfahren von Stoffen.

1.1 Atombau

1.1.1 Aufbau der Atome

3 (B)

4 (B)

5 (C)

6 (B)

7 (C)

■ *Atomkerne* enthalten **Protonen** (p^+) und **Neutronen** (n), die auch als *Nukleonen* bezeichnet werden. Daher bezeichnet man die Summe aus Protonenzahl und Neutronenzahl auch als *Nukleonen-zahl*. Mit Ausnahme des *Wasserstoffatoms* (^1H) enthalten Atomkerne mindestens ein Neutron. Der Kern des Wasserstoffatoms besteht nur aus einem Proton. Da alle Atomkerne mindestens ein Proton enthalten, sind sie stets *positiv geladen*.

■ Die Masse der Atomkerne stimmt nahezu mit der gesamten **Atommasse** überein. Die Summe aus der Zahl der Neutronen und Protonen wird daher auch **Massenzahl** genannt. Die Massenzahl steht links oben am Elementsymbol, während links unten am Elementsymbol die **Protonenzahl** aufgeführt ist. Der Kern des Heliumatoms (^4_2He) (**α -Strahlen**) besteht somit aus zwei Protonen und zwei Neutronen.

■ Die Protonenzahl definiert die *Elementzugehörigkeit*. Kerne des gleichen **Elements** enthalten stets die gleiche Anzahl von Protonen, können sich aber in ihrer Neutronenzahl unterscheiden. Kerne mit unterschiedlicher Neutronenzahl (Massenzahl) aber gleicher Protonenzahl bezeichnet man als **Isotope** (isotope Nuklide). Kerne mit gleicher Massenzahl (Nukleonenzahl) aber unterschiedlicher Protonenzahl (Kernladungszahl) werden **Isobare** genannt.

■ Die *Atomhülle* besteht aus **Elektronen** (e^-) und ist stets *negativ geladen*. In einem elektrisch neutralen Atom sind ebenso viele Protonen wie Elektronen vorhanden. Die Masse eines Elektrons ist etwa 1836mal kleiner als die Masse eines Protons.

8 (D)

9 (D)

10 (D)

11 (D)

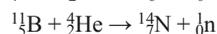
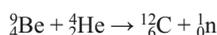
12 (A)

13 (D)

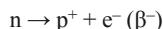
■ **Neutronen** (n) sind elektrisch neutrale (ungeladene) Elementarteilchen. Sie werden demzufolge in einem elektrischen Feld *nicht* abgelenkt oder beschleunigt. Sie sind Bausteine des Atomkerns. Mit Ausnahme des Wasserstoffatoms treten sie in allen Atomkernen auf.

Neutronen sind geringfügig schwerer als Protonen. Näherungsweise kann man aber die Masse von Protonen ($m_{p^+} = 1,007276 \text{ u}$) und Neutronen ($m_n = 1,008665 \text{ u}$) als gleich betrachten ($u = \text{relative Atommasseneinheit} - 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-24} \text{ g}$).

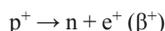
- Neutronen sind hervorragend geeignet zur Einleitung von *Kernreaktionen* und zur *Herstellung neuer* (radioaktiver) *Nuklide*, da sie bei Kernreaktionen von den Protonen *nicht* abgestoßen werden.
- *Freie Neutronen* (n) entstehen in Kernspaltungsreaktoren beim Bestrahlen leichterer Elemente (Beryllium, Bor) mit α -Strahlen (Heliumkernen) sowie bei der künstlichen Spaltung des Uranisotops ^{235}U :



- Ein **Neutron** kann sich unter Emission eines *Elektrons* (**β^- -Strahlen**) in ein Proton umwandeln.



- Umgekehrt kann aus einem Proton unter Emission eines *Positrons* (**β^+ -Strahlen**) ein Neutron entstehen.



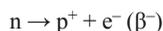
■ *Isotope Nuklide* sind Kerne des gleichen Elements; sie enthalten die gleiche Anzahl an Protonen, haben aber eine unterschiedliche Zahl an Neutronen. Isotope Nuklide enthalten gleich viele Elektronen.

■ Der **Radius** eines **Atoms** – bestehend aus Atomkern und Elektronenhülle – liegt in der Größenordnung von $A_r = 10^{-10} \text{ m}$ ($= 10^{-8} \text{ cm} = 0,1 \text{ nm}$). Der **Radius** des **Atomkerns** – bestehend aus Protonen und Neutronen – beträgt etwa 10^{-15} m .

■ Die *Molmasse des Wasserstoffatoms* setzt sich zusammen aus der Masse von 1 Mol Protonen ($m_{p^+} = 1,6727 \cdot 10^{-24} \text{ g}$) und der Masse von 1 Mol Elektronen ($m_{e^-} = 0,9117 \cdot 10^{-27} \text{ g}$). Sie ist deshalb größer als die von 1 Mol Protonen.

14 (E)

■ **Elektronen** sind negativ geladene Elementarteilchen; sie bauen die Atomhülle auf. Elektronen entstehen beim radioaktiven **β^- -Zerfall**, indem sich im Atomkern ein Neutron in ein Proton umwandelt und ein Elektron aus dem Kern emittiert wird.



- Darüber hinaus können Elektronen bei sehr hohen Temperaturen oder hohen Spannungen aus der Atomhülle von Metallen austreten.
- Die **Masse** eines **Elektrons** ($0,000549 \text{ u} = 0,9117 \cdot 10^{-27} \text{ g}$) ist etwa 1836mal kleiner als die Masse eines Protons ($1,007276 \text{ u}$). Aufgrund ihrer Ladung und ihrer Masse werden Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern beschleunigt (abgelenkt).

15 (C)

■ Das **Positron** (e^+), das Antiteilchen zum Elektron, besitzt die gleiche Masse wie das Elektron, trägt aber eine positive Elementarladung.

16 (C)

17 (E)

18 (C)

Die **Elementarladung** tritt als positive (e^+) und als negative (e^-) Ladung auf. Sie ergibt sich dem Betrag nach aus dem Quotienten von **Faraday-Konstante** ($F = 96485$ Coulomb) und **Avogadro-Konstante** ($N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$):

$$e = F/N_A = \mathbf{1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}}$$
 [1 Amperesekunde = 1 Coulomb (C)]

Folgende Teilchen enthalten

- eine negative Elementarladung: Elektron = β^- -Teilchen (e^-), einwertige Anionen (F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , u.a.)
- zwei negative Elementarladungen: zweiwertige Anionen (O^{2-} , S^{2-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , u.a.)
- drei negative Elementarladungen: dreiwertige Anionen (PO_4^{3-} , u.a.)
- keine Elementarladung: Neutron (n), neutrale Atome (H, Li, Br, u.a.)
- eine positive Elementarladung: Proton ($p^+ = H^+$), einwertige Kationen (Na^+ , Cu^+ , Ag^+ , u.a.)
- zwei positive Elementarladungen: α -Teilchen (He^{2+}), zweiwertige Kationen (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , u.a.)
- drei positive Elementarladungen: dreiwertige Kationen (Al^{3+} , Fe^{3+} , u.a.)

Die *kinetische Energie eines Elektrons*, das im Vakuum in einem elektrischen Feld mit der Spannung 1 V (Volt) beschleunigt wurde, beträgt 1 **eV** (*Elektronenvolt*). Diese Energie lässt sich einfach in das SI-System (in die Einheit: **Joule**) überführen, wenn man für „e“ die Elementarladung einsetzt:

$$1 \text{ eV} = e \cdot 1 \text{ V} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{V} \text{ (Joule)}$$

19 (D)

Das **Volumen eines Atoms** (einschließlich der Elektronenhülle) liegt in der Größenordnung von $\mathbf{10^{-29} \text{ m}^3}$.

20 (E)

21 (C)

22 (C)

Der **Atomradius** (bzw. der **Atomdurchmesser**) eines (leichteren) Atoms beträgt etwa $\mathbf{10^{-10} \text{ m}}$ ($= 10^{-8} \text{ cm} = 0,1 \text{ nm}$). Häufig werden die Zahlenwerte auch in *Pikometer* (pm) angegeben ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$). Damit ist der Durchmesser eines Atoms um den Faktor 10^5 (10.000mal) größer als der Durchmesser des Atomkerns. [*Anmerkung*: Eine absolute Größe für Atomradien kann man nicht angeben, da nach der Quantenmechanik ein Atom keine definierte Grenze besitzt. Als Atomradius eines Elements definiert man den halben Abstand zwischen den Kernen zweier Atome. Die Radien von Atomen variieren mit den Bindungsverhältnissen.]

23 (E)

24 (B)

25 (B)

Die **Masse von Atomen** ist extrem klein und bewegt sich in der Größenordnung von $\mathbf{10^{-24} \text{ g}}$ bis $\mathbf{10^{-22} \text{ g}}$ ($10^{-27} \text{ kg} - 10^{-25} \text{ kg}$).

Da bei Verwendung der Einheit „Gramm“ sich sehr kleine Zahlenwerte für die Atommassen ergeben, hat man die **relative Atommasse** *einheit* oder **atomare Masse** *einheit* (**u**) als Maßeinheit eingeführt. Sie ist definiert als das Vielfache des zwölften Teils der Masse des *Kohlenstoffisotops* $^{12}_6\text{C}$ im Grundzustand:

$$\begin{aligned} \mathbf{1 \text{ u}} &= 1/12 \text{ der Masse des } ^{12}_6\text{C-Nuklids} \\ &= 1 \text{ g} / \text{Avogadro-Konstante } N_A = 1 \text{ g} / 6,02214076 \cdot 10^{23} \\ &\approx \mathbf{1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g}} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

Die relative Masse eines bestimmten Atoms oder Teilchens ergibt sich dann als das Vielfache des zwölften Teils der Masse des Kohlenstoffnuklids $^{12}_6\text{C}$ bzw. als das Vielfache der Atommasse *einheit* (u). Daraus folgt beispielsweise für die Massen von Elementarteilchen oder Atomen:

- *Elektron*: $m_{e^-} = 0,000549 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = \mathbf{0,9117 \cdot 10^{-27} \text{ g}}$
- *Proton*: $m_{p^+} = 1,007276 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = \mathbf{1,6727 \cdot 10^{-24} \text{ g}}$

- Neutron: $m_n = 1,008665 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1,6750 \cdot 10^{-24} \text{ g}$
- Kohlenstoff: $m_C = 12,0107 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1,9945 \cdot 10^{-23} \text{ g}$
- Uranisotop (^{235}U): $m_{\text{U}235} = 235 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 3,9024 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

26 (A)

27 (A)

28 (C)

29 (E)

30 (D)

31 (B)

32 (C)

33 (B)

■ Jedes **chemische Element** ist durch die *Anzahl* der *Protonen* in seinem Atomkern *eindeutig* charakterisiert. Diese Zahl wird auch **Kernladungszahl** genannt und links unten an das betreffende Elementsymbol platziert. Sie entspricht ebenso der **Ordnungszahl** des Elements im Periodensystem; in einem neutralen Atom ist die Kernladungszahl gleich der *Elektronenzahl* in der Atomhülle.

- Die Summe aus der Kernladungszahl und der Anzahl an Neutronen wird (relative) **Massenzahl** oder **Nukleonenzahl** genannt. Sie wird links oben an das betreffende Elementsymbol positioniert. Aus der Differenz zwischen Massenzahl und Kernladungszahl ergibt sich die *Anzahl an Neutronen* im Kern.
- Die **Ladung(szahl)** eines Teilchens ergibt sich aus der Differenz der positiven Ladungen der Protonen und der negativen Ladungen der Elektronen. Sie wird rechts oben an das betreffende Elementsymbol geschrieben. Negativ geladene Teilchen bezeichnet man als *Anionen*, positiv geladene als *Kationen*.
- Die **Atomzahl** gibt schließlich an, wie häufig das betreffende Element in einem Teilchen vorkommt. Die Atomzahl wird rechts unten an das Elementsymbol geschrieben.

<i>Massenzahl</i>	<i>Ladung(szahl)</i>
Elementsymbol	
<i>Kernladungszahl</i>	<i>Atomzahl</i>

■ Zum Beispiel besagt die Angabe $^{14}_6\text{C}$, dass dieses Element:

- ein Kohlenstoffisotop ist,
- in seinem Kern **6** Protonen und **8** Neutronen enthalten sind und sich in seiner Atomhülle **6** Elektronen befinden.

■ Für das Blei-Isotop $^{206}_{82}\text{Pb}$ lassen sich folgende Aussagen machen:

- Es enthält 82 Protonen (Kernladungszahl) und steht im Periodensystem an Position 82 (Ordnungszahl).
- Bei einer Massenzahl von 206 enthält das Isotop im Atomkern neben 82 Protonen noch 124 Neutronen.
- Als neutrales Bleiatom enthält das Isotop 82 Elektronen. Aber auch ein Blei-Isotop ^{204}Pb enthält in seiner Atomhülle 82 Elektronen.

■ Für das Fluor-Isotop $^{18}_9\text{F}$ gilt:

- Protonenzahl = Kernladungszahl = Ordnungszahl = 9
- Massenzahl = 18, somit beträgt die atomare Masse 18 u.
- Das Isotop besitzt insgesamt 9 Elektronen, aber in der äußersten Schale (= Valenzschale = L-Schale) befinden sich bei einem Atom der VII. Hauptgruppe (17. IUPAC-Gruppe) nur 7 Elektronen.

34 (A)

35 (E)

36 (B)

37 (C)

38 (C)

39 (D)

■ Die **Avogadro-Konstante** oder **Avogadro-Zahl** (N_A) ist definiert als Teilchenzahl (N) pro Stoffmenge (n). Sie gibt an wie viele Teilchen in einem Mol vorhanden sind. Die Avogadro-Zahl ergibt sich auch als Quotient aus der *Faraday-Konstanten* (F) und der *Elementarladung* (e). Darüber hinaus kann die Avogadro-Konstante berechnet werden, wenn man die *universelle Gaskonstante* (R) durch die *Boltzmann-Konstante* (k_B) dividiert. Der Zahlenwert der Avogadro-Konstanten beträgt:

$$N_A = N/n = F/e = R/k_B = 6,0022(14076) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

– Die Avogadro-Zahl ist *unabhängig* von der jeweiligen Substanz, der Temperatur sowie dem Druck und dem Volumen.

■ Die **Stoffmenge** (n), die aus $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen (Atome, Ionen, Moleküle) besteht, wird als **1 Mol** bezeichnet. Das Mol ist eine SI-Basiseinheit (Symbol: **mol**). Somit ist die Stoffmenge über die Avogadro Konstante definiert. Unterschiedliche Stoffe enthalten daher pro Mol die gleiche Anzahl von Teilchen.

■ **1 Mol** eines *idealen Gases* besteht unabhängig seiner chemischen Zusammensetzung aus $6,022 \cdot 10^{23}$ Gasparkeln [Atome (He) oder Moleküle (H_2 , Cl_2 , CO , NO_2)] und besitzt bei $0^\circ C$ und einem Druck von 1013,25 hPa ein Volumen von **22,414 Liter** [**Molvolumen** oder **molares Volumen** (V_m)]. Für reale Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe ist dagegen das molare Volumen stoffabhängig.

■ Die Avogadro-Zahl entspricht der Zahl der Wassermoleküle (H_2O) und der Sauerstoffatome (O) in einem Mol Wasser (H_2O). Jedoch sind zwei Mol Wasserstoffatome (H) in einem Mol Wasser enthalten.

■ Die Avogadro-Zahl ist gleich der Zahl der Heliumatome (He) in einem Mol Heliumgas bzw. der Zahl der C-Atome in 12 g (1 Mol) des reinen Nuklids ^{12}C .

40 (B) 41 (D) 42 (A)

■ 18 g (= 1 Mol) Wasser enthalten $6,022 \cdot 10^{23}$ Wassermoleküle. 1 g Wasser sind 0,055 Mol. Folglich enthält 1 g Wasser etwa $6,022 \cdot 10^{23} \cdot 0,055 \approx 3,3 \cdot 10^{22}$ Wassermoleküle.

■ Eine Stoffmenge von $n = 20 \mu\text{mol} = 20 \cdot 10^{-6}$ Mol enthält $6,002 \cdot 10^{23} \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 1,2 \cdot 10^{19}$ Teilchen.

■ Eine 0,1 molare NaCl-Lösung enthält insgesamt **$1,2 \cdot 10^{23}$ Ionen** ($0,1 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ Na^+ -Ionen und $0,1 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ Cl^- -Ionen).

43 (C)

■ Bei einem Molvolumen von 22,4 L enthalten 11,2 L *Wasserdampf* $\frac{1}{2}$ Mol H_2O -Moleküle. Entsprechend der Reaktionsgleichung [$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$] sind dafür – quantitativer Stoffumsatz vorausgesetzt – **1 g** ($\frac{1}{2}$ Mol) **Wasserstoffmoleküle** (H_2) erforderlich.

44 (D) 45 (D)

■ Eine Methylengruppe (CH_2) hat die molare Masse $M=14$. Entsprechend der Reaktionsgleichung [$CH_2 + \frac{3}{2} O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$] werden für das Verbrennen eines Teelichts der Masse $m = 14 = 1$ Mol insgesamt 1,5 Mol an Sauerstoff (O_2) benötigt. Dies entspricht bei einem Molvolumen von 22,4 L einem Volumen von **34 L** Sauerstoff.

■ Beim Verbrennen von 1 Mol (= 14 g) eines Teelichts bildet sich 1 Mol Kohlendioxid (CO_2). Verbrennt man 28 g (= 2 Mol) so entstehen 2 Mol CO_2 , was einem Volumen von circa **44 L** entspricht.

46 (C)

■ 1 Mol eines Gasmischs (bestehend aus Sauerstoff und Stickstoff) besitzt unter Normalbedingungen ein Volumen von 22,41 Liter. $1 \text{ m}^3 = 1000$ Liter des Gasmischs entsprechen dann etwa einer Stoffmenge von: $n = 1000: 22,41 \approx$ **44,6 mol**

- Bei einer *homogenen Katalyse* befinden sich Katalysator und Substrat in derselben Phase. Bei der *heterogenen Katalyse* liegt der Katalysator in einem anderen Aggregatzustand vor als die Reaktanden.
- Bei vielen katalysierten Reaktionen bildet der Katalysator ein *reaktives* (kurzlebige) *Zwischenprodukt* mit einem der Ausgangsstoffe. Darüber hinaus wird bei heterogenen Katalysen eine Oberflächenwirkung diskutiert.
- Bei einigen Reaktionen entsteht der Katalysator erst während der Reaktion; solche Prozesse verlaufen *autokatalytisch*.
- Eine katalysierte Reaktion folgt meistens einem anderen *Reaktionsmechanismus* als eine nicht katalysierte Reaktion.
- Ein Katalysator geht im Allgemeinen unverändert aus der Reaktion hervor. Daher werden oft nur geringe Mengen an Katalysator benötigt.
- Bei mehrstufigen Reaktionen können Katalysatoren bestimmte Teilschritte *selektiv* beschleunigen.

2 Anorganische Chemie

2.1 Edelgase

2.1.1 Vorkommen, Gewinnung, Reaktivität und Anwendung

1158 (C)

Die Edelgase *Xenon* (Xe) und *Krypton* (Kr) bilden Verbindungen mit stark elektronegativen Elementen wie Fluor oder Sauerstoff.

- Edelgase besitzen die höchste *Ionisierungsenergie* aller Elemente einer Periode.
- Unabhängig vom Aggregatzustand liegen alle Edelgase *atomar* vor.
- *Radon* (Rn) ist ein natürlich vorkommendes, radioaktives Edelgas. Es ist ein Produkt des radioaktiven Zerfalls von Radium (Ra).

1159 (B)

Krypton und *Xenon* sind chemisch *nicht* inert und bilden Verbindungen mit elektronegativen Elementen wie *Fluor* oder *Sauerstoff*.

- Alle Edelgase besitzen jeweils das höchste *Ionisierungspotential* ihrer Periode.
- Edelgase lassen sich aufgrund von van-der-Waals-Kräften (Dispersionskräfte) verflüssigen und besitzen folgende Siedepunkte in °C: He (-268,9) < Ne (-246,08) < Ar (-185,8) < Kr (-153,2) < Xe (-108,0) < Rn (-61,8)
- Alle Edelgase liegen atomar vor.

1160 (B)

Die *Schmelzpunkte* und *Siedepunkte* der Edelgase steigen vom Helium zum Radon hin an.

- Edelgase liegen atomar vor und können technisch aus verflüssigter Luft gewonnen werden.
- Die Reaktivität der Edelgase nimmt vom Helium (He) zum Radon (Rn) hin zu.

1161 (D)

Helium hat die Elektronenkonfiguration $1s^2$, die übrigen Edelgase besitzen die Konfiguration ns^2np^6 (**Edelgaskonfiguration**), worin n die Hauptquantenzahl der Valenzschale bedeutet.

- Alle Edelgase treten als Bestandteile der Luft auf, wobei *Argon* von allen Edelgasen in der Luft die höchste Konzentration aufweist.
- *Neon*, *Argon*, *Krypton* und *Xenon* werden *technisch* durch fraktionierte Destillation von verflüssigter Luft gewonnen.
- *Argon* (Ar) ist *nicht* brennbar und ist deshalb ein oft verwendetes Schutzgas und Füllgas.

1162 (B)

■ Von den *genannten Stoffen* wird *technisch* nur das Edelgas **Xenon** durch Fraktionierung verflüssigter Luft gewonnen.

1163 (B)

■ Edelgase kommen als Bestandteile der Luft oder als Zerfallsprodukte radioaktiver Prozesse in der Natur vor.

- Edelgase sind *farblos*.
- Edelgase kommen in elementarer Form nur *atomar* vor.
- Die Edelgase *Xenon* und *Krypton* bilden *Verbindungen* mit elektronegativen Elementen wie Fluor oder Sauerstoff. Auch eine erste Verbindung des Elements *Argon* konnte mittlerweile synthetisiert werden.
- Helium (He) hat die *Elektronenkonfiguration* $1s^2$, während die übrigen Edelgase die Konfiguration ns^2np^6 besitzen.

1164 (B)

■ *Argon* (Ar) ist das in Luft am häufigsten vorhandene Edelgas, gefolgt von Neon (Ne).

- Die Edelgase *Neon*, *Argon*, *Krypton* und *Xenon* werden durch fraktionierte Destillation verflüssigter Luft gewonnen.
- *Helium* besitzt den tiefsten Schmelzpunkt und Siedepunkt aller bekannten Stoffe und zeigt bei sehr tiefen Temperaturen das Phänomen der *Suprafluidität*.
- Edelgase können in das Gitter von Eis oder einigen anderen Stoffen wie z.B. Hydrochinon eingeschlossen werden. Es sind sog. *Clathrate* (Einschlussverbindungen), bei denen das Edelgas physikalisch in den umgebenden Feststoff eingelagert ist.
- Vom *Xenon* wurden die ersten stabilen Edelgasverbindungen (Fluoride, Oxide, Oxidfluoride) hergestellt.

1165 (B)

■ Von den genannten Elementen bildet nur *Helium* (He) keine isolierbaren Verbindungen mit anderen Elementen.

1166 (C)

■ **Helium** (He) ist das dritthäufigste Edelgas in der Luft; es wird technisch aber aus bestimmten *Erdgasen* als Folgeprodukt radioaktiver Zerfallsvorgänge (α -Zerfall) gewonnen.

- Helium hat den niedrigsten *Siedepunkt* aller bekannten Stoffe und zeigt bei sehr tiefen Temperaturen das Phänomen der *Suprafluidität*.
- Vom Helium sind bisher *keine stabilen* chemischen Verbindungen isoliert worden. Helium zeigt die größte bekannte Reaktionsträgheit.

1167 (D)

1168 (B)

■ **Argon** (Ar) ist das in Luft am häufigsten vorkommende Edelgas und wird vor allem als Schutzgas verwendet, da es *nicht* brennbar ist.

- Vom Argon ist bisher nur ein *Argonfluorohydrid* (HArF) hergestellt worden, das sich bei 27 K zersetzt. Argon besitzt die höchste 1. Ionisierungsenergie seiner Periode.
- Über die Elektronegativität von Argon sind keine Angaben zu machen. Argon (-185,8 °C) besitzt einen höheren Siedepunkt als Helium (-268,9 °C).

1169 (E) 1170 (E) 1171 (E)

■ **Xenon** (Xe) bildet stabile, kovalente Verbindungen mit den elektronegativen Elementen Fluor und Sauerstoff. Xenonfluoride sind wirksame Fluorierungsmittel und *Xenontetrafluorid* (XeF_4) ist ein starkes Oxidationsmittel.

- Xenon liegt atomar vor und steht im Periodensystem der Elemente (PSE) in der 5. Periode und 8. Hauptgruppe (18. IUPAC-Gruppe). Das Element hat deshalb die Elektronenkonfiguration: $[\text{Kr}]4d^{10}5s^25p^6$
- Xenon ($-108,0\text{ }^\circ\text{C}$) besitzt einen höheren *Siedepunkt* als Helium ($-268,9\text{ }^\circ\text{C}$).
- Xenon wird als Nebenprodukt bei der fraktionierten Destillation verflüssigter Luft gewonnen und ist *nicht* brennbar.

1172 (A)

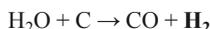
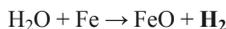
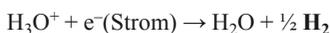
■ Von den genannten Gasen und Dämpfen sind nur *Heliumgas* und *Wasserstoffgas* leichter als Luft.

2.2 Wasserstoff

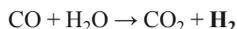
2.2.1 Gewinnung und Bildung von Wasserstoff

1173 (E) 1174 (B) 1175 (D) 1176 (A) 1177 (B) 1178 (A)
1179 (E) 1180 (E) 1181 (D)

■ *Technisch* gewinnt man **Wasserstoff** (H_2) aus *Wasser* durch Elektrolyse (*kathodische Reduktion*) oder durch Reduktion mit einem unedlen Metall wie Eisen bzw. durch Reduktion mit Kohle bei höheren Temperaturen.

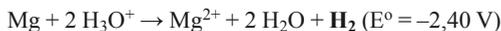


- Das im letztgenannten Verfahren gebildete Kohlenmonoxid (CO) kann mit weiterem *Wasserdampf* zu Kohlendioxid (CO_2) und Wasserstoff (H_2) oxidiert werden:



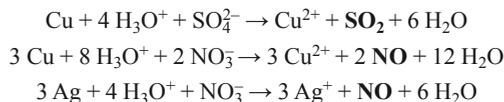
- Im *Laboratorium* gewinnt man Wasserstoff durch Behandeln einer Säure, von Wasser oder einer Lauge mit einem Metall.

■ **Metall + Säure:** Alle *unedlen Metalle* [z.B. *Magnesium* (Mg), *Aluminium* (Al), *Zink* (Zn), *Eisen* (Fe), *Zinn* (Sn)] mit einen negativen Normalpotential ($E^\circ < 0$) sollten – sofern keine Redoxhemmung vorliegt – aus einer nichtoxidierenden Säure wie Salzsäure oder Essigsäure Wasserstoff freisetzen:

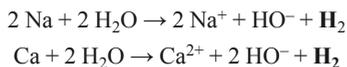


- Einige Metalle [*Nickel* (Ni), *Chrom* (Cr), *Blei* (Pb), *Aluminium* (Al)] reagieren mit Säuren infolge *Passivierung* ihrer Oberfläche nur langsam. Zum Beispiel ist *Blei* in Schwefelsäure, Flusssäure oder Salzsäure durch Ausbildung von Schutzschichten (PbSO_4 , PbF_2 , PbCl_2) unlöslich. *Eisen* (Fe) und *Chrom* (Cr) bilden mit konzentrierter Salpetersäure (HNO_3) eine oxidische Schutzschicht.

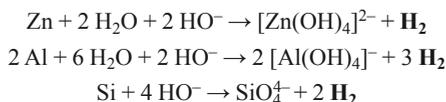
- *Edlere Metalle* [*Antimon* (Sb), *Kupfer* (Cu), *Quecksilber* (Hg), *Silber* (Ag), *Gold* (Au)] entwickeln in Säuren *keinen* Wasserstoff, sind also in nichtoxidierenden Säuren unlöslich; sie lösen sich zum Teil aber in oxidierenden Säuren wie Schwefelsäure (H₂SO₄) oder Salpetersäure (HNO₃), jedoch *nicht* unter Bildung von Wasserstoff:



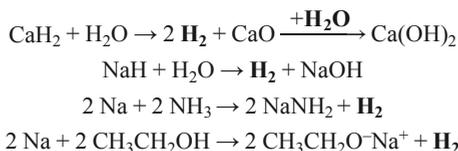
■ **Metall + Wasser:** In neutralem Wasser (pH = 7) beträgt das Normalpotential der Wasserstoffelektrode ($E^\circ = -0,06 \cdot \text{pH} = -0,42 \text{ V}$), so dass Metalle mit negativerem Normalpotential ($E^\circ < -0,42 \text{ V}$) wie Alkalielemente und Erdalkalimetalle aus Wasser Wasserstoff freisetzen:



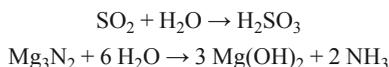
■ **Metall + Lauge:** Einige Metalle und Halbmetalle wie *Aluminium* (Al), *Zink* (Zn) oder *Silicium* (Si) lösen sich in starken Laugen unter Wasserstoffentwicklung:



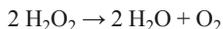
■ Wasserstoff kann auch durch *Hydrolyse salzartiger Hydride* (Me⁺H⁻) oder durch Zersetzung der Lösungen von *Alkalimetallen in flüssigem Ammoniak* bzw. in *Alkoholen* hergestellt werden:



■ Die Reaktion von *Schwefeldioxid* (SO₂) oder *Magnesiumnitrid* (Mg₃N₂) mit Wasser sind *Hydrolysen* und führen *nicht* zur Bildung von Wasserstoff. Als Hydrolysen bezeichnet man ganz allgemein Reaktionen (Bindungsspaltungen) mit Wasser:



- Wasserstoffperoxid zerfällt unter Fe(III)-Katalyse spontan in Wasser und Sauerstoff:



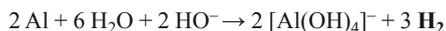
1182 (D)

■ *Silberamalgam* ist eine Legierung aus Silber und Quecksilber. Beide Metalle besitzen ein positives Normalpotential, sodass sie aus Wasser keinen Wasserstoff freisetzen.

■ *Kupfer* als edleres Metall mit positivem Normalpotential ($E^\circ = +0,35 \text{ V}$) setzt aus nichtoxidierenden Säuren wie Salzsäure *keinen* Wasserstoff frei.

■ *Eisenspäne* (Fe) lösen sich *nicht* in konzentrierter Salpetersäure, da sie sich mit einer oxidischen Schutzschicht überziehen.

■ Beim Behandeln einer Ni-Al-Legierung (*Raney-Legierung*) mit wässriger Natriumhydroxid-Lösung entsteht Wasserstoff:



■ Bei der Elektrolyse von angesäuertem Wasser entsteht Wasserstoff an der Kathode (*kathodische Reduktion*).

1183 (B)

■ Die Bildung von molekularem Wasserstoff aus zwei Wasserstoffatomen ist ein *exothermer* Vorgang. Das Wasserstoffmolekül ist um **436 kJ·mol⁻¹** energieärmer als zwei getrennte H-Atome.

■ Die Stabilität der H-H-Bindung manifestiert sich bei der H₂-Bildung in der freiwerdenden Bindungsenergie, die daraus resultiert, dass das doppelt besetzte bindende σ -MO ($\uparrow\downarrow$) im H₂-Molekül um 218 kJ·mol⁻¹ energetisch günstiger ist als das einfach besetzte AO (\uparrow) eines H-Atoms. Das Energieniveau des bindenden MO im H₂-Molekül ist niedriger als das 1s-Energieniveau im Wasserstoffatom.

■ Bei der H₂-Bildung werden aus paramagnetischen H-Atomen mit einfach besetzten AO diamagnetische Wasserstoffmoleküle (H₂) mit doppelt besetztem bindendem MO.

■ Auch für Molekülorbitale (MO) gilt das Pauli-Prinzip. Ein MO kann maximal mit zwei Elektronen antiparallelen Spins besetzt werden.

1184 (D)

1185 (C)

■ **Atomarer** (naszierender) **Wasserstoff (H[•])** ist ein starkes Reduktionsmittel. Atomarer Wasserstoff ist paramagnetisch (einzelnes Elektron).

■ Atomarer Wasserstoff kann unter Energieaufwand (bei hohen Temperaturen, bei Bestrahlung mit kurzwelligem Licht oder an der Oberfläche von fein verteiltem Platin) aus molekularem Wasserstoff (H₂) gewonnen werden.

■ Atomarer Wasserstoff reagiert mit Arsen oder Antimon zu *Arsin* (AsH₃) bzw. *Stibin* (SbH₃).

■ Die *Rekombination* von atomarem Wasserstoff zu molekularem Wasserstoff erfolgt stark *exotherm* ($\Delta H < 0$); die freiwerdende Bindungsenergie kann dabei zu erneutem Zerfall des H₂-Moleküls führen.

2.2.2 Wasserstoffisotope

1186 (E)

■ Wasserstoff (H₂) und Deuterium (D₂) unterscheiden sich in:

- ihren *relativen Molekülmassen* und in ihren *physikalischen Eigenschaften* (wie z.B. Schmelzpunkt und Siedepunkt). Deuterium schmilzt und siedet bei tieferen Temperaturen als Wasserstoff.
- der *Bindungsenergie* der σ -Einfachbindung: H₂ – 436,0 kJ·mol⁻¹; D₂ – 443,3 kJ·mol⁻¹
- ihren jeweiligen *Reaktionsgeschwindigkeiten* z.B. bei Reaktionen mit Sauerstoff (Knallgasreaktion) oder mit Chlor (Chlorknallgasreaktion). Im Allgemeinen ist die Reaktionsgeschwindigkeit von Deuterium geringer als die von Wasserstoff (*kinetischer Isotopeneffekt*).

1187 (D)

■ Zur homolytischen Spaltung des Wasserstoffmoleküls (H₂) in zwei Wasserstoffatome wird eine Dissoziationsenergie von 436 kJ·mol⁻¹ benötigt. Die gebildeten Wasserstoffatome besitzen nur ein einzelnes Elektron und sind daher paramagnetisch.

■ *Deuterium* (D) ist ein nicht radioaktives Wasserstoffisotop. Hingegen ist das H-Isotop Tritium (T) radioaktiv (β -Strahler).

■ *Deuteriumoxid* [„Schweres Wasser“] (D₂O) wird in Schwerwasserreaktoren als Kühlmittel verwendet.

1188 (C)

- Der Atomkern des ${}^1\text{H}$ besteht nur aus einem Proton. Er enthält kein Neutron.
- Die unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Wasserstoffisotope können mit deren großen prozentualen Massenunterschieden erklärt werden.
- Die Reaktionsgeschwindigkeiten deuterierter Verbindungen sind meistens geringer als die entsprechender Wasserstoffverbindungen.
- Deuterium-markierte und Tritium-markierte Wasserstoffverbindungen finden breite Anwendung bei der Aufklärung chemischer Reaktionsmechanismen.

1189 (C)

- Vom Wasserstoff existieren die drei Isotope: Wasserstoff (${}^1\text{H}$) – Deuterium (${}^2\text{H} \equiv \text{D}$) und Tritium (${}^3\text{H} \equiv \text{T}$).
- Als neutrale Isotope besitzen sie alle die gleiche Protonenzahl (1) und die gleiche Elektronenzahl (1). Sie unterscheiden sich jedoch in ihren Massenzahlen und somit in ihren Neutronenzahlen. Die Neutronenzahl der Isotope ergibt sich als Differenz von Massenzahl und Protonenzahl (= Ordnungszahl).

1190 (D)

1191 (A)

- **Deuterium** (D_2) lässt sich durch *Elektrolyse von Wasser* gewinnen, weil dabei Wasser (H_2O) an der Kathode schneller zu H_2 reduziert als Deuteriumoxid (D_2O) zu D_2 . D_2O reichert sich im Rückstand an und kann anschließend zu Deuterium reduziert werden.
- Deuterium ist reaktionsträger als Wasserstoff, weil die *X-D-Bindungen* ($X =$ irgendein Element) in der Regel *stabiler* sind als die analogen X-H-Bindungen.
- Deuterium (D_2) kann wie Deuteriumoxid (D_2O) zur Herstellung *deuterierter Verbindungen* dienen.
- Das Deuteriumatom (D) besitzt die gleiche Elektronenkonfiguration ($1s^1$) wie das Wasserstoffatom (H).

1192 (E)

- Deuterium ist ein nicht-radioaktives Wasserstoffisotop.
- Der Schmelzpunkt von Deuterium (D_2) [Schmp.: $-254,4\text{ °C}$] ist niedriger als der von Wasserstoff (H_2) [Schmp.: $-259,3\text{ °C}$].
- Im Allgemeinen ist die Reaktionsgeschwindigkeit von Deuterium z.B. bei der Umsetzung mit Chlor (Chlorknallgasreaktion) geringer als die von Wasserstoff (*kinetischer Isotopeneffekt*).

1193 (B)

- **Tritium** (${}^3\text{H} \equiv \text{T}$) ist radioaktiv und wandelt sich unter β^- -Strahlung in Helium um:
 ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + e^- (\beta^-)$

1194 (C)

1195 (E)

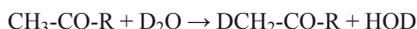
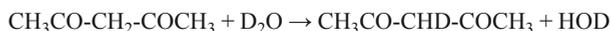
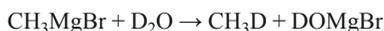
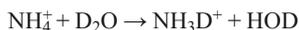
- „**Schweres Wasser**“ (*Deuteriumoxid*) hat die Summenformel D_2O . Es ist nicht radioaktiv. Es wird in NMR-Experimenten (*Isotopenaustauschreaktionen*) zur Erkennung austauschbarer Protonen eingesetzt. Ferner dient es als Kühlmittel in Schwerwasserreaktoren.
- Deuteriumoxid ist eine deutlich schwächere Säure als Wasser. Das *Ionenprodukt* von D_2O ($0,195 \cdot 10^{-14}$) ist bei Raumtemperatur etwa fünfmal kleiner als das von H_2O ($1,01 \cdot 10^{-14}$).
- Schweres Wasser kann durch Elektrolyse von Wasser angereichert werden.
- Der *Siedepunkt* von D_2O [Sdp.: $101,4\text{ °C}$] liegt geringfügig höher als der von H_2O [Sdp.: 100 °C].
- Auch ist die *Dichte* von D_2O [$1,1053\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$] größer als die von H_2O [$0,9999\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$].

1196 (C) 1197 (B)

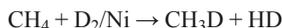
Die erhöhte Stabilität von Bindungen des Deuteriums an andere Elemente (X) im Vergleich zur X-H-Bindung nutzt man in **Isotopenaustauschreaktionen** mit Verbindungen, die einen *beweglichen Wasserstoff* enthalten.



- So lässt sich z.B. ein acides H-Atom im Ammoniak, Aminen, Ammoniumsalzen, Alkoholen, Carbonsäuren oder in der α -Position von Carbonylverbindungen relativ leicht gegen Deuterium austauschen; dies gelingt jedoch *nicht* mit unpolaren Stoffen wie Alkanen. Einige der Austauschreaktionen lassen sich durch folgende Formelgleichungen beschreiben:



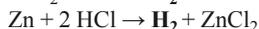
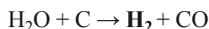
- Dagegen sind die H-Atome in Alkylgruppen kinetisch inert und werden nicht mit D_2O gegen D-Atome ausgetauscht. Dies gelingt erst, wenn man die betreffende Verbindung mit D_2 in Gegenwart eines Übergangsmetallkatalysators umsetzt:



2.2.3 Eigenschaften und Reaktionen von Wasserstoff

1198 (E) 1199 (D)

- Wasserstoff ist das im Weltall (kosmisch) häufigste Element.
- Wasserstoff kann *technisch* durch Reduktion von Wasser mit Kohle oder aus einer Säure durch Reduktion mit einem unedlen Metall wie Zink gewonnen werden:



- Als Folge der relativ großen *Bindungsenthalpie* ($-436 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) ist *molekularer Wasserstoff* (H-H) ziemlich *reaktionsträge*; aus dem gleichen Grund ist das Wasserstoffmolekül auch nur eine extrem schwache Brönsted-Säure (Protonendonator).
- Die *Reaktionsgeschwindigkeit* von Deuterium (${}^2\text{H}$) anderen Elementen oder Verbindungen gegenüber ist deutlich geringer als die von Wasserstoff (${}^1\text{H}$). Deuterium ist somit reaktionsträger als Wasserstoff.
- Wasserstoff (Oxidationszahl 0) vermag sowohl als *Reduktionsmittel* wie auch als *Oxidationsmittel* zu wirken und tritt demzufolge in den weiteren Oxidationszahlen -1 (-I) und $+1$ (+I) auf.

1200 (C)

- Wasserstoff kann als Anion (H^-) und als Kation (H^+) auftreten.
- Der Atomkern des Wasserstoffisotops ${}^1\text{H}$ besteht nur aus einem Proton.
- *Natriumhydrid* (NaH) und *Calciumhydrid* (CaH_2) sind *salzartige* Verbindungen, die das Hydrid-Ion (H^-) enthalten.
- Neben ${}^1\text{H}$ existieren noch die Isotope ${}^2\text{H}$ (Deuterium) und ${}^3\text{H}$ (Tritium).

1201 (C)

- Im **Orthowasserstoff** (o-H₂) besitzen die beiden Protonen (Nukleonen) einen *parallelen Kernspin* (↑↑).
- Im **Parawasserstoff** (p-H₂) besitzen die beiden Protonen (Nukleonen) einen *antiparallelen Kernspin* (↑↓).

1202 (E)

1203 (B)

- **Knallgas** ist ein Gemisch aus Sauerstoff (O₂) und Wasserstoff (H₂), das bei Raumtemperatur *metastabil* (kinetisch inert) ist. Daher kann – ohne Katalysator – das Knallgasgemisch aufgrund der extrem langsamen Reaktionsgeschwindigkeit problemlos bei Zimmertemperatur aufbewahrt werden.
- Als *Knallgasreaktion* bezeichnet man die Bildung von Wasser aus den Elementen Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂). Die Reaktion besitzt eine sehr hohe Aktivierungsenergie, was die geringe Reaktionsgeschwindigkeit erklärt, und verläuft unter Beteiligung von Radikalen (atomarer Wasserstoff H•). Die Knallgasreaktion kann durch energiereiche UV-Strahlung ausgelöst werden.
- *Palladium* (Pd) zeichnet sich durch seine Fähigkeit aus, große Mengen an Wasserstoff einzulagern. Das Metall absorbiert etwa das Tausendfache seines eigenen Volumens an H₂, was wegen der hohen Atommasse von Pd für das Einlagerungshydrid eine Zusammensetzung von **PdH_{0,8}** ergibt.
- Beim Erhitzen mit Wasserstoff geht Lithium in *Lithiumhydrid* (Li⁺H⁻) über.
- *Wassergas* ist ein Gemisch aus Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H₂).

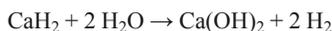
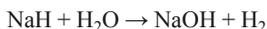
2.2.4 Wasserstoffverbindungen

1204 (E)

- In *kovalenten Elementwasserstoffverbindungen X-H*
- kann der Wasserstoff positiv polarisiert (δ⁺) sein und dann als Oxidationsmittel wirken, oder der Wasserstoff kann negativ polarisiert (δ⁻) sein und dann als Reduktionsmittel wirken.
- können wie in den Borwasserstoffen Elektronenmangelstrukturen vorliegen.

1205 (E)

- Wasserstoff bildet mit den Elementen der 1. und 2. Hauptgruppe *salzartige Hydride*, die mit Wasser wieder zu Wasserstoff (H₂) reagieren:



- Mit den Elementen der 3. bis 7. Hauptgruppe bildet Wasserstoff *kovalente Hydride* [Ammoniak (NH₃), Chlorwasserstoff (HCl) u.a.].
- *Komplexe Hydride* wie *Lithiumaluminiumhydrid* (LiAlH₄) oder *Natriumborhydrid* (NaBH₄) sind starke *Reduktionsmittel*, die in der organischen Chemie zur Reduktion von Aldehyden, Ketonen oder von Carbonsäureestern zu Alkoholen eingesetzt werden.
- *Natriumborhydrid* (NaBH₄) löst sich als salzartiger Stoff in Wasser und solche wässrigen Lösungen sind relativ stabil; demgegenüber hydrolysiert *Lithiumaluminiumhydrid* (LiAlH₄) sehr rasch und z.T. explosionsartig mit Wasser:



1206 (C)

Die *Stabilität* (Beständigkeit) der Hydride der 5. Hauptgruppe (15. IUPAC-Gruppe) nimmt von oben nach unten ab: $\text{NH}_3 > \text{PH}_3 > \text{AsH}_3 > \text{SbH}_3 > \text{BiH}_3$

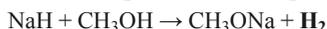
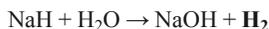
1207 (E)

Bei den Wasserstoffverbindungen der 2. Periode treten unterschiedliche Bindungstypen auf: *Lithiumhydrid* (Li^+H^-) ist salzartig aufgebaut, im polymeren *Berylliumhydrid* (BeH_2) und im *Diboran* (B_2H_6) liegen Zweielektronen-Dreizentrenbindungen vor. *Methan* (CH_4), *Ammoniak* (NH_3), *Wasser* (H_2O) und *Fluorwasserstoff* (HF) sind kovalent gebaute Hydride.

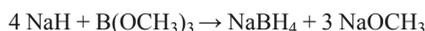
1208 (C)

Natriumhydrid (Na^+H^-) ist ein salzartiges Hydrid, das in einem Ionengitter kristallisiert, das stark dem NaCl-Gitter ähnelt.

- Es wird technisch bei 250-300 °C durch Überleiten von Wasserstoffgas über eine Natriumschmelze hergestellt. Wasser und Sauerstoff müssen ausgeschlossen werden.
- Das Hydrid-Ion (H^-) [$\text{p}K_b = -24,60$] ist eine stärkere Base als das Hydroxid-Ion (HO^-) [$\text{p}K_b = -1,74$]. Daher reagiert Natriumhydrid heftig mit Wasser unter Bildung von Natriumhydroxid und molekularem Wasserstoff und deprotoniert Alkohole zu Alkoholaten und Wasserstoff.



- *Natriumborhydrid* [Natriumtetrahydridoborat, Natriumboratan] (NaBH_4) wird aus Natriumhydrid (NaH) und Borsäuretrimethylester (Trimethylborat) [$\text{B}(\text{OCH}_3)_3$] hergestellt.



1209 (C)

1210 (A)

1211 (C)

In *Calciumhydrid* (CaH_2), *Diboran* (B_2H_6), *Monosilan* (SiH_4) sowie den komplexen Hydriden *Natriumboratan* (NaBH_4) und *Lithiumalanat* (LiAlH_4) ist der Wasserstoff elektronegativer als sein Bindungspartner und besitzt Hydrid-Charakter (Oxidationszahl: -1).

1212 (A)

Calciumhydrid (CaH_2) ist ein *salzartiges* Hydrid; somit ist in dieser Verbindung der ionische Charakter am stärksten ausgeprägt.

1213 (D)

1214 (D)

In den salzartigen Alkalihydriden [*Lithiumhydrid* (LiH), *Natriumhydrid* (NaH)], im *Diboran* (B_2H_6), *Monosilan* (SiH_4) und im komplexen Hydrid *Lithiumalanat* (LiAlH_4) ist der Wasserstoff elektronegativer als sein Bindungspartner.

1215 (A)

Die Wasserstoffverbindungen von Elementen der 4. Hauptgruppe (14. IUPAC-Gruppe) lassen sich in folgende Reihe nach steigendem *Siedepunkten* ordnen: $\text{CH}_4 (-161,5 \text{ °C}) < \text{SiH}_4 (-111,7 \text{ °C}) < \text{GeH}_4 (-88,5 \text{ °C}) < \text{SnH}_4 (-52 \text{ °C})$

1216 (B)

■ Komplexe Hydride wie *Natriumtetrahydridoborat* [Natriumborhydrid] (NaBH_4) eignen sich zur Reduktion von Ketonen ($\text{R}_2\text{C}=\text{O}$) zu sekundären Alkoholen ($\text{R}_2\text{CH}-\text{OH}$).

- Das Boranat-Anion (BH_4^-) ist tetraedrisch gebaut. Das Ion ist mit 10 Elektronen isoelektronisch zu Methan (CH_4).
- Im Gegensatz zu Lithiumalanat (LiAlH_4) zersetzt sich Natriumtetraboranat (NaBH_4) nur langsam in Wasser oder Alkoholen wie z.B. Methanol und kann deshalb für Reduktionsreaktionen in wässriger Lösung eingesetzt werden.
- Natriumborhydrid (NaBH_4) kann durch Umsetzung von Natriumhydrid (NaH) mit Trimethylborat (Borsäuretrimethylester) [$\text{B}(\text{OCH}_3)_3$] dargestellt werden.



1217 (C) 1218 (B)

■ *Alkaliborane* wie *Natriumborhydrid* (NaBH_4) und *Alkalialanate* wie *Lithiumaluminiumhydrid* (LiAlH_4) bezeichnet man auch als *komplexe Hydride*. Sie werden in der organischen Chemie als Reduktionsmittel eingesetzt.

■ Während *Lithiumaluminiumhydrid* (LiAlH_4) durch Wasser in heftiger Reaktion zersetzt wird, ist *Natriumborhydrid* (NaBH_4) für Reduktionen in wässrigem Medium geeignet.



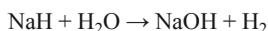
■ Lithiumaluminiumhydrid (Lithiumalanat) wird technisch aus Aluminiumchlorid (AlCl_3) und Lithiumhydrid (LiH) hergestellt. Lithiumalanat ist in Diethylether löslich.



■ Bei der *Schmelzelektrolyse* salzartiger Hydride (LiH , NaH , CaH_2) entsteht Wasserstoff (H_2) an der Anode [*anodische Oxidation* des Hydrid-Ions (H^-)].

■ Das Hydrid-Ion (H^-) ist *isoster* (isoelektronisch) zum Li^+ -Ion; beide Ionen besitzen die Elektronenkonfiguration $1s^2$.

■ Bei der Reaktion von *Natriumhydrid* (Na^+H^-) mit Wasser entsteht durch die Bildung von Natriumhydroxid eine *alkalische* Lösung.



1219 (C)

■ *Natriumboranat* (NaBH_4) ist in Wasser recht stabil und kann für die Reduktion von Substraten in *wässriger Lösung* herangezogen werden. Dagegen reagieren *Methylithium* (CH_3Li), *Lithiumalanat* (LiAlH_4) und *Calciumcarbid* (CaC_2) spontan mit Wasser unter Bildung von *gasförmigen* Produkten (*Methan* [CH_4], *Wasserstoff* [H_2] bzw. *Ethin* (Acetylen) [$\text{HC}\equiv\text{CH}$]):

