

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.

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 nachfolgenden Kapitel 1.1 mit aufgelistet.

1.1.1 Aufbau der Atome

2* 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.

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

- (A) Atomkerne sind negativ geladen.
- (B) Die Masse der Atomkerne stimmt nahezu mit der gesamten Atommasse überein.
- (C) Ein Kern des Heliumnuclids ${}^4_2\text{He}$ enthält zwei Protonen und zwei Neutronen.
- (D) Mit Ausnahme des Wasserstoffatoms ${}^1_1\text{H}$ enthalten stabile Atomkerne stets Neutronen.
- (E) Die Atomhülle besteht aus Elektronen.

4 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 Nuclide ist gleich der Zahl ihrer Protonen.
- (4) Isotope Nuclide 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

5 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

6 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 Heliumnuclids ${}^4\text{He}$ 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.
- (3) Protonen sind positiv geladene Nucleonen.
 (4) Der Kern des Wasserstoffatoms (${}^1\text{H}$) ist ein Proton.
- (A) nur 3 ist richtig
 (B) nur 1 und 4 sind richtig
 (C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

Elementarteilchen

7 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) 1–4 = alle sind richtig

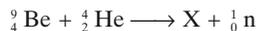
8⁺ Welche Aussagen über Nucleonen treffen zu?

- (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) 1–3 = alle sind richtig

9 Welche Aussagen über Protonen treffen zu?

- (1) In einem elektrischen Feld werden Protonen in Richtung der elektrischen Feldlinien beschleunigt.
 (2) In einem magnetischen Feld werden Protonen in Richtung der magnetischen Feldlinien beschleunigt.

10⁺ Neutronen können gemäß folgender Reaktionsgleichung



erzeugt werden.

Bei X handelt es sich um welches Nuclid?

- (A) ${}^{226}_{88}\text{Ra}$
 (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 Nuclide.
 (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 ${}^{235}\text{U}$.

13 Welche Aussage über Neutronen trifft zu?
Sie

- (A) haben annähernd die fünfzigfache Masse wie Elektronen
- (B) haben eine halb so große Masse wie Protonen
- (C) beschreiben in einem elektrischen Feld eine Kreisbahn
- (D) werden in einem elektrischen Feld linear beschleunigt
- (E) können (u. a.) in Protonen und Elektronen zerfallen

14 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) 1–4 = alle sind richtig

15 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 Nuclide des gleichen Elements enthalten im Kern verschieden viele Elektronen.

16 Welche Aussagen über Elektronen treffen zu?

- (1) Bei sehr hohen Temperaturen können aus Metallen Elektronen austreten.
- (2) Freie Elektronen stoßen sich auf Grund ihrer negativen Ladung gegenseitig ab.

(3) Freie Elektronen bewegen sich in elektrischen Feldern mit konstanter Geschwindigkeit.

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

Elementarladung

17* 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) 1–3 = alle sind richtig

18 Welche Aussage trifft zu?
Die Elementarladung

- (A) ist gleich der Ladung des Wasserstoffatoms multipliziert mit der Ordnungszahl des jeweiligen Elements
- (B) ist gleich der Ladung eines α -Teilchens
- (C) ergibt sich dem Betrag nach aus dem Quotienten von Faradayscher und Avogadro-Konstante
- (D) beträgt 1 Coulomb
- (E) wird durch keine der vorstehenden Aussagen beschrieben

19 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 einer positiven Elementarladung.
- (D) Die Elementarladung ist gleich dem Quotienten aus Faraday- und Avogadro-Konstante.
- (E) Die Elementarladung ist etwa gleich $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$.

20 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 $1,6 \cdot 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{s}$.

21 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.

Ordnen Sie bitte den in Liste 1 aufgeführten Teilchen die jeweils zutreffende Ladung aus Liste 2 zu! ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$)

Liste 1

22⁺ H-Atom	(A) $+ 2 \cdot e$
23⁺ β^- -Teilchen	(B) $+ e$
24 Neutron	(C) 0
25⁺ Natrium-Ion im NaCl-Kristall	(D) $- e$
26⁺ Proton	(E) $- 2 \cdot e$
27⁺ α -Teilchen	

Liste 2

Atommasse, Atomgröße

28 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

29 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

30 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) $0,1 \text{ pm}$

31 Welche Größenordnungen kommen der Masse m und dem Radius r eines der leichteren Atome des periodischen Systems am nächsten?

- (A) $m = 10^{-26} \text{ kg}$, $r = 10^{-10} \text{ m}$
- (B) $m = 10^{-26} \text{ kg}$, $r = 10^{-14} \text{ m}$
- (C) $m = 10^{-23} \text{ kg}$, $r = 10^{-10} \text{ m}$
- (D) $m = 10^{-23} \text{ kg}$, $r = 10^{-14} \text{ m}$
- (E) $m = 10^{-19} \text{ kg}$, $r = 10^{-10} \text{ m}$

Ordnen Sie bitte den in Liste 1 aufgeführten Elementarteilchen die jeweils entsprechende Masse aus Liste 2 zu!

Liste 1

32 Elektron	(A) $1,600 \cdot 10^{-19} \text{ g}$
33 Proton	(B) $6,023 \cdot 10^{-23} \text{ g}$
34 Neutron	(C) $1,675 \cdot 10^{-24} \text{ g}$
	(D) $1,672 \cdot 10^{-24} \text{ g}$
	(E) $0,911 \cdot 10^{-27} \text{ g}$

Liste 2

35 Welche Aussage trifft zu?

Die Masse eines Atoms des Nuclids $^{12}_6\text{C}$ beträgt etwa:

- (A) $2 \cdot 10^{-23} \text{ g}$
- (B) $6 \cdot 10^{-23} \text{ g}$
- (C) $12 \cdot 10^{-23} \text{ g}$
- (D) $2 \cdot 10^{-22} \text{ g}$
- (E) $6 \cdot 10^{-22} \text{ g}$

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

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

Atommasseneinheit

37 Welche Aussage trifft zu?

Die relativen Atommassen sind definitionsgemäß (nach IUPAC)

- (A) Vielfache der Masse des Wasserstoffnuclids ${}^1_1\text{H}$
- (B) Vielfache des zwölften Teils der Masse des Kohlenstoffnuclids ${}^{12}_6\text{C}$
- (C) Vielfache des vierzehnten Teils der Masse des Kohlenstoffnuclids ${}^{14}_6\text{C}$
- (D) Vielfache des sechzehnten Teils der Masse des Sauerstoffnuclids ${}^{16}_8\text{O}$
- (E) Keine der Aussagen (A) bis (D) trifft zu.

38 Welche Aussagen treffen zu?

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

- (1) die Masse des Wasserstoffisotops ${}^1_1\text{H}$
 - (2) den zwölften Teil der Masse des Kohlenstoffisotops ${}^{12}_6\text{C}$
 - (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

39 Die Aussage

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 ${}^{12}\text{C}$ handeln muss
- (C) der Kohlenstoff das Molvolumen ($\approx 22,4$ l) einnehmen muss

- (D) die Aussage nur bei Normalbedingungen gilt
- (E) die Aussage nur bei Elementen zutrifft

Elemente, Kennzeichnung

40 Welche Aussage trifft zu?

Ein Element ist definiert durch seine:

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

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

K	M
El	
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

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

K	M
El	
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

43* Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Das Symbol eines Elements (X) wird durch die Zahlen n und m als ${}^n_m\text{X}$ gekennzeichnet. m ist gleich der:

- (A) Ordnungszahl
- (B) relativen Massenzahl
- (C) Zahl der Protonen
- (D) Zahl der Elektronen
- (E) Kernladungszahl

44 Welche Aussage trifft zu?

Das Symbol eines Elements (X) wird durch die Zahlen n und m als ${}^n_m\text{X}$ gekennzeichnet. n ist gleich der:

- (A) Ordnungszahl
- (B) relativen Massenzahl
- (C) Zahl der Protonen
- (D) Zahl der Elektronen
- (E) Kernladungszahl

45 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

46 Welche Aussage trifft zu?

Die Angabe 14 vor einem Elementsymbol zeigt, dass dieses Element

- (A) ein Stickstoffisotop ist
- (B) in seiner Elektronenhülle 8 Elektronen enthält
- (C) die relative Atommasse 20 hat
- (D) in seinem Kern 8 Neutronen enthält
- (E) 14 Protonen im Kern aufweist

Avogadro-Konstante, Stoffmenge, Molbegriff

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

Die Avogadro-Konstante N_A

- (A) hängt von der jeweiligen Substanz ab
- (B) ist unabhängig von der Temperatur

- (C) ist unabhängig von Druck und Volumen
- (D) ist gleich F/e (F: Faraday-Konstante, e: Elementarladung)
- (E) gibt etwa die Zahl der Moleküle an, die bei Normalbedingungen (1013 mbar, 0 °C) in 22,4 l eines idealen Gases enthalten sind

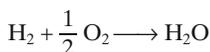
48 Welche Aussagen zum Molbegriff treffen zu?

- (1) 1 Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebenso vielen Teilchen besteht wie in 12 g des Nuclids ${}^{12}_6\text{C}$ enthalten sind.
 - (2) Verschiedenartige Substanzen enthalten pro Mol jeweils die gleiche Anzahl von Teilchen.
 - (3) Die Avogadro-Konstante beträgt ca. $6,03 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
 - (4) 1 Mol einer Flüssigkeit nimmt unter Normalbedingungen ein Volumen von 22,4 Liter 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) 1–4 = alle sind richtig

49+ 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) 1–4 = alle sind richtig

50+ Wieviel Wasserstoffgas braucht man, um unter Normalbedingungen nach der Gleichung

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

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

51 Vergleichen Sie ein Mol Wasser und ein Mol Benzol.

Welche der folgenden Größen sind für beide gleich?

- (1) Zahl der Atome
 (2) Zahl der Moleküle
 (3) Gewicht
- (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

52* 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 Ionenanzahl beträgt 10^{-7} entsprechend dem pH-Wert 7

53 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 Normalbedingungen 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

54 Welche Aussagen zu den Begriffen der Stoffmenge n von bestimmten Teilchen und der Avogadro-Konstante N_A trifft **nicht** zu?

- (A) $N_A \approx 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 (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 $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$

1.1.2 Isotope

55 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.

56 Welche der folgenden natürlichen Elemente bestehen aus einem Nuclid (= „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

57 Welche Aussage trifft zu?

Atome gleicher Kernladung und verschiedener Masse werden bezeichnet als:

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

58 Welche Aussage trifft zu?

Isotope sind charakterisiert durch folgende Angaben der Kernbausteine:

	Zahl der Protonen	Zahl der Neutronen	Zahl der Nucleonen
(A)	gleich	gleich	gleich
(B)	gleich	verschieden	verschieden
(C)	verschieden	gleich	gleich
(D)	verschieden	verschieden	gleich
(E)	verschieden	verschieden	verschieden

59+ Welche Aussage trifft zu?

Neutrale Isotope eines Elements sind charakterisiert durch folgende Angaben ihrer Bausteine:

	Zahl der Protonen	Zahl der Neutronen	Zahl der Elektronen
(A)	gleich	gleich	gleich
(B)	gleich	verschieden	verschieden
(C)	verschieden	gleich	verschieden
(D)	verschieden	verschieden	gleich
(E)	gleich	verschieden	gleich

60 Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Isobare sind Nuclide mit:

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

Ordnen Sie bitte den Elementbegriffen der Liste 1 die jeweils zutreffende Angabe aus Liste 2 zu!

Liste 1**61+** Isotop**62+** Isobar**Liste 2**

	Protonenzahl	Neutronenzahl	Massenzahl
(A)	gleich	verschieden	verschieden
(B)	verschieden	verschieden	gleich
(C)	gleich	gleich	gleich
(D)	verschieden	gleich	verschieden
(E)	verschieden	verschieden	verschieden

63 Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Isotope Nuclide eines Elements

- (A) haben gleiche Kernladungszahlen
- (B) haben gleiche relative Atommassen
- (C) stehen an gleicher Stelle im Periodensystem
- (D) haben eine unterschiedliche Anzahl von Neutronen im Kern
- (E) haben die gleiche Struktur in ihren Elektronenhüllen

64+ Welche Aussagen treffen zu?

Isotope Nuclide eines Elements unterscheiden sich hinsichtlich

- (1) der Elektronenzahl
 - (2) der Kernladungszahl
 - (3) der Nucleonenzahl
 - (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

65 Welche Aussagen treffen zu?

Isotope eines Elements unterscheiden sich in der

- (1) Neutronenzahl
 - (2) Kernladungszahl
 - (3) Massenzahl
 - (4) Nucleonenzahl
 - (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

66 Welche Aussagen treffen zu?

Isotope sind Nuclide 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) 1–5 = alle sind richtig

67 Welche Aussage trifft zu?

Für ein Paar isotoper Nuclide gilt stets:

- (A) Die Nucleonenzahl beider Nuclide ist gleich.
- (B) Die Neutronenzahl beider Nuclide ist gleich.
- (C) Im elektrisch neutralen Zustand der Atome ist die jeweilige Zahl der Elektronen gleich.
- (D) Im elektrisch neutralen Zustand der Atome ist die jeweilige Zahl der Elektronen gleich der Zahl der Neutronen.
- (E) Im elektrisch neutralen Zustand der Atome ist die jeweilige Zahl der Elektronen gleich der Zahl der Nucleonen.

68 Welche Aussage über ein Paar isotoper Nuclide trifft **nicht** zu?

- (A) Die Nucleonenzahl unterscheidet sich mindestens um Eins.
- (B) Die Protonenzahl beider Nuclide 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 Nuclide ist gleich.

69 Welche Aussagen über Isotope treffen zu?

- (1) Isotope Atome desselben Elements unterscheiden sich in der Zahl der Elektronen.
- (2) Isotope eines Elements haben die gleiche Anzahl von Protonen und Elektronen.
- (3) Isotopeneffekte treten nur bei Isotopen mit hohen Massenzahlen auf.
- (4) Isotope sind stets radioaktiv.
- (A) nur 2 ist richtig
- (B) nur 1 und 2 sind richtig
- (C) nur 3 und 4 sind richtig

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

70 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) 1–4 = alle sind richtig

71 Welche Aussagen treffen zu?

- (1) Verschiedene Isotope eines Elements haben die gleiche Anzahl an Neutronen aber eine unterschiedliche Anzahl an Protonen.
- (2) Verschiedene Isotope eines Elements haben gleiche kernphysikalische Eigenschaften.
- (3) Isotope müssen immer künstlich erzeugt werden.
- (A) Keine der Aussagen (1) bis (3) trifft zu.
- (B) nur 1 ist richtig
- (C) nur 3 ist richtig
- (D) nur 1 und 3 sind richtig
- (E) nur 2 und 3 sind richtig

72 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) 1–3 = alle sind richtig

73 Welche Aussagen treffen zu?

- (1) Natürliche Stoffe sind meist Gemische verschiedener Isotope ihrer atomaren Bestandteile.

- (2) Isotope können durch Kernreaktionen künstlich erzeugt werden. (B) 10
 (3) Isotope können radioaktiv sein. (C) 17
 (A) nur 1 ist richtig (D) 20
 (B) nur 3 ist richtig (E) 27
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

74 Ein häufig vorkommendes Silber-Nuclid besitzt 47 Protonen und 60 Neutronen. Welches der folgenden Nuclide ist ein anderes Silberisotop?

- (A) 45 Protonen und 62 Neutronen
 (B) 46 Protonen und 61 Neutronen
 (C) 47 Protonen und 62 Neutronen
 (D) 48 Protonen und 59 Neutronen
 (E) 49 Protonen und 58 Neutronen

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

Das in der Natur am häufigsten vorkommende Zinnatom enthält in neutralem Zustand: 50 Protonen, 70 Neutronen, 50 Elektronen
 Bei den folgenden Atomen (in neutralem oder ionisiertem Zustand), kann es sich um andere Zinnisotope handeln:

- (A) 52 Protonen, 70 Neutronen, 50 Elektronen
 (B) 50 Protonen, 68 Neutronen, 50 Elektronen
 (C) 50 Protonen, 69 Neutronen, 48 Elektronen
 (D) 50 Protonen, 62 Neutronen, 50 Elektronen
 (E) 50 Protonen, 74 Neutronen, 50 Elektronen

76 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

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

- (A) 7

Kohlenstoffisotope

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

- (1) Es sind isotope Nuclide.
 (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

79+ Welche Aussagen treffen zu?
 Das Kohlenstoffisotop ^{14}C

- (1) ist ein Isotop von ^6C
 (2) besitzt insgesamt 8 Elektronen
 (3) hat die relative Atommasse 20
 (4) enthält im Atomkern 8 Neutronen
 (5) hat 6 Valenzelektronen
 (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 1 und 4 sind richtig
 (C) nur 3 und 5 sind richtig
 (D) nur 1, 3 und 5 sind richtig
 (E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

80+ Welche Aussage trifft **nicht** zu?
 Das ^{14}C -Isotop

- (A) kommt in Spuren in natürlichem Kohlenstoff vor
 (B) entsteht in der oberen Atmosphäre aus ^{14}N durch Neutronenaufnahme
 (C) zerfällt unter α -Emission
 (D) besitzt eine hohe Halbwertszeit
 (E) bildet die Grundlage der sog. „Radiocarbonmethode“ zur Altersbestimmung

81 Welche Aussagen zu Kohlenstoffisotopen treffen zu?

- (1) ^{11}C ist ein Positronenstrahler.
 (2) ^{12}C ist NMR-aktiv.
 (3) ^{13}C liegt in etwa 1% Häufigkeit vor.

- (4) ^{14}C kann zur Altersbestimmung eingesetzt werden.
 (5) ^{15}C ist ein sehr stabiles Isotop.
 (A) nur 1 und 2 sind richtig
 (B) nur 3 und 5 sind richtig
 (C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 4 und 5 sind richtig
 (E) 1–5 = alle sind richtig

82 Welches der folgenden Isotope ist radioaktiv?

- (A) ^1H
 (B) ^2H
 (C) ^{12}C
 (D) ^{13}C
 (E) ^{14}C

83 Welches der folgenden Isotope ist radioaktiv?

- (A) ^1H
 (B) ^2H
 (C) ^3H
 (D) ^{12}C
 (E) ^{13}C

84 Welches der folgenden Isotope ist **nicht** radioaktiv?

- (A) ^{90}Sr
 (B) ^3H
 (C) ^{13}C
 (D) ^{40}K
 (E) ^{226}Ra

Weitere Fragen zu Wasserstoffisotopen finden sich im Kapitel 2.2.2!

1.1.3 Radioaktiver Zerfall

85 Welche Aussage trifft **nicht** zu? Radioaktive Nuclide können entstehen bzw. gewonnen werden

- (A) bei der Bestrahlung stabiler Nuclide mit Neutronen in Kernreaktoren
 (B) durch Isotopentrennung aus einem Gemisch stabiler Nuclide
 (C) als Folgeprodukt bei der Kernspaltung von Uran
 (D) als Folgeprodukt eines α -Zerfalls

(E) als Folgeprodukt eines β^- -Zerfalls

Strahlungsarten

86 Welche Aussagen treffen zu? Jedes radioaktive Nuclid

- (1) emittiert sowohl α - als auch β^- - und γ -Strahlung
 (2) emittiert γ -Strahlung mit einer größeren Energie als α -Strahlung
 (3) besitzt eine wohldefinierte Nucleonenzahl
 (A) Keine der Aussagen (1) bis (3) trifft zu.
 (B) nur 1 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 2 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

87 Welche Aussagen treffen zu?

In der Natur vorkommende radioaktive Stoffe können folgende Arten von Strahlung emittieren:

- (1) α -Strahlung
 (2) β -Strahlung
 (3) γ -Strahlung
 (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 3 ist richtig
 (C) nur 1 und 3 sind richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

Ordnen Sie bitte den angegebenen Strahlungsarten (Liste 1) die jeweils zutreffende Aussage aus Liste 2 zu!

Liste 1

- 88*** α -Strahlen
89* β^- -Strahlen
90 γ -Strahlen

Liste 2

- (A) sind Elektronen
 (B) sind Protonen
 (C) sind Neutronen
 (D) sind Heliumkerne
 (E) ist eine elektromagnetische Strahlung

91 Welches Teilchen wird beim α -Zerfall eines Atomkerns emittiert?

- (A) ein Elektron
 (B) ein Proton
 (C) ein Neutron
 (D) ein ^2_1H -Kern (Deuteron)
 (E) ein ^4_2He -Kern

92 Welche Aussage trifft zu?
 α -Strahlen bestehen aus:

- (A) Elektronen
- (B) Neutronen
- (C) Heliumkernen
- (D) Protonen
- (E) elektromagnetischer Strahlung

93 Welches Teilchen wird beim β^- -Zerfall eines Atomkerns emittiert?

- (A) ein Elektron
- (B) ein Proton
- (C) ein Neutron
- (D) ein ${}^2_1\text{H}$ -Kern (Deuteron)
- (E) ein ${}^4_2\text{He}$ -Kern

94 Welche Aussage trifft zu?
 β^- -Strahlen bestehen aus:

- (A) Elektronen
- (B) Neutronen
- (C) Heliumkernen
- (D) Protonen
- (E) elektromagnetischer Strahlung

Gesetzmäßigkeiten des radioaktiven Zerfalls

95⁺ Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Für den α -Zerfall eines radioaktiven Atomkerns gilt:

- (A) Die Ordnungszahl nimmt um 2 ab
- (B) Die Nucleonenzahl nimmt um 2 ab
- (C) Die Kernladungszahl nimmt um 2 ab
- (D) Die Neutronenzahl nimmt um 2 ab
- (E) Die Protonenzahl nimmt um 2 ab

96 Welche Aussagen zur α -Strahlung treffen zu?

- (1) Es werden Heliumkerne emittiert.
 - (2) Es werden Elektronen emittiert.
 - (3) Es werden Positronen emittiert.
 - (4) Die Massenzahl des α -Strahlers verringert sich um 4.
 - (5) Die Ordnungszahl des α -Strahlers erhöht sich um 2.
- (A) nur 1 und 4 sind richtig
 - (B) nur 2 und 5 sind richtig
 - (C) nur 3 und 4 sind richtig
 - (D) nur 1, 4 und 5 sind richtig
 - (E) nur 2, 4 und 5 sind richtig

97 Welche Aussage zur β^- -Strahlung trifft zu?

- (A) Es werden Heliumkerne emittiert.
- (B) Es werden Elektronen emittiert.
- (C) Es werden Positronen emittiert.
- (D) Die Massenzahl erhöht sich um 1.
- (E) Die Ordnungszahl verringert sich um 1.

98 Welche Aussage über den radioaktiven Zerfall durch β^- -Emission trifft **nicht** zu?

- (A) Beim β^- -Zerfall eines Nuclids nimmt die Ordnungszahl um 1 zu.
- (B) Beim β^- -Zerfall eines Nuclids bleibt die Massenzahl gleich.
- (C) Das Verhältnis von Neutronen zu Protonen im Atomkern des betreffenden Nuclids bleibt unverändert.
- (D) Beim β^- -Zerfall eines Nuclids nimmt die Neutronenzahl um 1 ab.
- (E) Ein Beispiel für β^- -Zerfall ist die Umwandlung von ${}^{14}\text{C}$ zu ${}^{14}\text{N}$.

99 Welche Aussage trifft zu?
Das Kohlenstoff-Nuclid ${}^{14}_6\text{C}$ kann unter Elektronenemission zerfallen (β^- -Strahler). Es wandelt sich dabei um in ein Nuclid mit:

- (A) $N = 14$ $Z = 7$
- (B) $N = 14$ $Z = 6$
- (C) $N = 14$ $Z = 5$
- (D) $N = 13$ $Z = 6$
- (E) $N = 13$ $Z = 5$

Radionuclide emittieren Strahlung.
Geben Sie bitte zu jeder Teilchenart aus Liste 1 an, wie sich durch die Emission dieser Strahlung jeweils die Nucleonenzahl A und die Kernladungszahl Z ändern (Liste 2)!

Liste 1

100⁺ α -Teilchen

101⁺ β^- -Teilchen

Liste 2

- (A) A und Z ändern sich **nicht**
- (B) A nimmt um 4 ab, Z nimmt um 2 ab
- (C) A nimmt um 4 ab, Z nimmt um 2 zu
- (D) A nimmt um 1 zu, Z ändert sich **nicht**
- (E) A ändert sich **nicht**, Z nimmt um 1 zu

102 Welche Aussage trifft zu?

Beim radioaktiven Zerfall können sich die Nucleonenzahl A und die Kernladungszahl Z ändern.

Durch γ -Emission ändern sich:

- (A) A um -4 , Z um -2
- (B) A um -2 , Z um -1
- (C) A um -1 , Z um 0
- (D) A um 0 , Z um $+1$
- (E) weder A noch Z ändern sich

103 Welche Aussagen treffen zu?

- (1) γ -Strahlung besteht aus negativ geladenen Teilchen.
- (2) Isotope sind jeweils Kerne gleicher Nucleonenzahl.
- (3) Bei der Emission von α -Strahlung erhöht sich die Ladung des verbleibenden Kerns.

- (A) Keine der Aussagen (1) bis (3) trifft zu.
- (B) nur 2 ist richtig
- (C) nur 3 ist richtig
- (D) nur 1 und 2 sind richtig
- (E) nur 2 und 3 sind richtig

104 Welche Aussagen treffen zu?

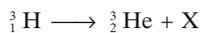
Infolge der Emission eines γ -Quants aus einem radioaktiven Atomkern

- (1) ändert sich die Ordnungszahl **nicht**
- (2) nimmt die Gesamtenergie des Kerns ab
- (3) nimmt die Nucleonenzahl um 1 ab
- (4) nimmt die Neutronenzahl um 1 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) nur 1, 3 und 4 sind richtig

Elementumwandlungen (Beispiele)**105** Welche Aussage trifft zu?

Das radioaktive Wasserstoffisotop Tritium ${}^3_1\text{H}$ kann in Helium übergehen:



In dieser Gleichung bedeutet X ein:

- (A) α -Teilchen
- (B) β^- -Teilchen
- (C) γ -Photon

- (D) Proton
- (E) Neutron

106 Welches Nuclid entsteht unmittelbar durch den β^+ -Zerfall (d.h. der Kern emittiert ein Teilchen mit der Masse des Elektrons und einer positiven Elementarladung) eines ${}^{22}_{11}\text{Na}$ -Kerns?

- (A) ${}^{18}_9\text{F}$
- (B) ${}^{20}_{10}\text{Ne}$
- (C) ${}^{22}_{10}\text{Ne}$
- (D) ${}^{21}_{11}\text{Na}$
- (E) ${}^{22}_{12}\text{Mg}$

107+ Welches Nuclid entsteht unmittelbar durch den β^- -Zerfall eines ${}^{60}_{27}\text{Co}$ -Kerns?

- (A) ${}^{56}_{25}\text{Mn}$
- (B) ${}^{59}_{26}\text{Fe}$
- (C) ${}^{60}_{26}\text{Fe}$
- (D) ${}^{59}_{27}\text{Co}$
- (E) ${}^{60}_{28}\text{Ni}$

108+ Welches Nuclid entsteht beim β^- -Zerfall von ${}^{131}_{53}\text{I}$?

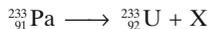
- (A) ${}^{131}_{54}\text{Xe}$
- (B) ${}^{130}_{53}\text{I}$
- (C) ${}^{132}_{53}\text{I}$
- (D) ${}^{130}_{51}\text{Sb}$
- (E) ${}^{127}_{51}\text{Sb}$

109 Welches Nuclid entsteht aus einem ${}^{137}_{56}\text{Ba}$ -Kern durch Emission eines γ -Quants?

- (A) ${}^{133}_{54}\text{Xe}$
- (B) ${}^{136}_{55}\text{Cs}$
- (C) ${}^{137}_{55}\text{Cs}$
- (D) ${}^{137}_{56}\text{Ba}$
- (E) ${}^{137}_{57}\text{La}$

110 Welche Aussage trifft zu?

Das radioaktive Nuclid ${}^{233}_{91}\text{Pa}$ zerfällt gemäß:



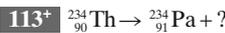
Die Gesetze von der Erhaltung der Nucleonenzahl und der Ladungszahl sind erfüllt, wenn es sich bei dem oben mit X bezeichneten Teilchen handelt um ein:

- (A) α -Teilchen
- (B) β^- -Teilchen
- (C) γ -Teilchen
- (D) Proton
- (E) Neutron

111 Welches Nuclid entsteht beim α -Zerfall von ${}^{238}_{92}\text{U}$?

- (A) ${}^{238}_{93}\text{Np}$
 (B) ${}^{238}_{92}\text{U}$
 (C) ${}^{236}_{92}\text{U}$
 (D) ${}^{234}_{92}\text{U}$
 (E) ${}^{234}_{90}\text{Th}$

Ordnen Sie bitte den in Liste 1 aufgeführten Kernprozessen die jeweils dabei entstehende Strahlungsart aus Liste 2 zu!

Liste 1**Liste 2**

(A) α -Strahlen

(B) β -Strahlen

(C) α - und β -Strahlen

(D) n-Strahlen (${}^1_0\text{n}$)

(E) keine der angegebenen Strahlungsarten

114 Welche Aussage trifft zu?

Metastabiles Technetium (${}^{99\text{m}}\text{Tc}$) zur Radiodiagnostik entsteht direkt aus dem Zerfall welches der folgenden Isotope:

- (A) ${}^{14}\text{C}$
 (B) ${}^{18}\text{F}$
 (C) ${}^{60}\text{Co}$
 (D) ${}^{99}\text{Mo}$
 (E) ${}^{131}\text{I}$

Kernspaltung, Kernumwandlungen

115 Welche der folgenden Kernreaktionen kann **nicht** zum angegebenen Element führen?

- (A) $\text{He} + \text{Li} \rightarrow \text{B} + \text{n}$
 (B) $\text{He} + \text{B} \rightarrow \text{N} + \text{n}$
 (C) $\text{He} + \text{C} \rightarrow \text{O} + \text{n}$
 (D) $\text{He} + \text{N} \rightarrow \text{F} + \text{n}$
 (E) $\text{He} + \text{Na} \rightarrow \text{Mg} + \text{n}$

116 Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Folgende Kernumwandlungen sind hinsichtlich Nucleonen- und Ladungsbilanz möglich: (Aufretende Neutrinos sollen unberücksichtigt bleiben.)

- (A) ${}^{17}_8\text{O}$ wird durch Emission eines Neutrons zu ${}^{16}_8\text{O}$.
 (B) Ein angeregter ${}^{30}_{14}\text{Si}$ -Kern geht durch Emission von γ -Strahlung in den Grundzustand ${}^{30}_{14}\text{Si}$ über.

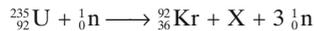
(C) ${}^{65}_{30}\text{Zn}$ wird durch Emission eines Protons zu ${}^{64}_{29}\text{Cu}$.

(D) ${}^{233}_{91}\text{Pa}$ wird durch Emission eines Elektrons zu ${}^{233}_{90}\text{Th}$.

(E) ${}^{238}_{92}\text{U}$ wird durch Emission eines α -Teilchens zu ${}^{234}_{90}\text{Th}$.

117 Welche Aussage trifft zu?

Bei der Kernspaltung in Reaktoren kann – neben anderen Prozessen – die folgende Reaktion ablaufen:

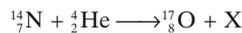


Der gesuchte Reaktionspartner X ist:

- (A) ${}^4_2\text{He}$
 (B) ${}^{12}_6\text{C}$
 (C) ${}^{16}_8\text{O}$
 (D) ${}^{141}_{56}\text{Ba}$
 (E) ${}^{238}_{92}\text{U}$

118 Welche Aussage trifft zu?

In einer Nebelkammer hat man die Kernumwandlung



beobachtet. Der gesuchte Reaktionspartner X ist ein:

- (A) Proton ${}^1_1\text{H}$
 (B) Neutron ${}^1_0\text{n}$
 (C) α -Teilchen ${}^4_2\text{He}$
 (D) Deuteron ${}^2_1\text{H}$
 (E) γ -Quant

119 Das Nuclid ${}^{107}_{47}\text{Ag}$ nehme bei der Neutronenaktivierung in einem Reaktor zunächst ein Neutron auf und emittiere anschließend β^- -Strahlung.

Welches Nuclid liegt dann vor?

- (A) ${}^{108}_{48}\text{Cd}$
 (B) ${}^{107}_{48}\text{Cd}$
 (C) ${}^{108}_{46}\text{Pd}$
 (D) ${}^{108}_{47}\text{Ag}$
 (E) ${}^{106}_{47}\text{Ag}$

120 Das Nuclid ${}^{107}_{47}\text{Ag}$ kann in einem Reaktor durch Neutronenbeschuss aktiviert werden. Welches Nuclid entsteht zunächst bei der Aufnahme eines Neutrons?

- (A) $^{106}_{47}\text{Ag}$
 (B) $^{108}_{47}\text{Ag}$
 (C) $^{108}_{48}\text{Ag}$
 (D) $^{108}_{48}\text{Cd}$
 (E) $^{107}_{48}\text{Cd}$

Eigenschaften radioaktiver Strahlen

121 Welche Aussagen treffen zu?

Ionisation von Atomen und Molekülen kann bewirkt werden durch folgende Art von Strahlung:

- (1) α -Strahlung
 (2) β -Strahlung
 (3) Infrarot-Strahlung
 (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 1 und 3 sind richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

122 Welche der folgenden Strahlen können in Luft Ionen erzeugen?

- (1) α -Strahlen
 (2) β -Strahlen
 (3) γ -Strahlen
 (4) Röntgenstrahlen
 (A) nur 3 ist richtig
 (B) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

123 Welche Aussagen treffen zu?

Eine gasförmige Probe wird intensiver energiereicher radioaktiver Strahlung ausgesetzt. Solche Bestrahlung kann zur Folge haben:

- (1) Anregung
 (2) Ionisation
 (3) Erwärmung
 (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 3 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

124* Welche Aussagen treffen zu?

In elektrischen Feldern können abgelenkt werden:

- (1) α -Strahlen
 (2) β -Strahlen
 (3) γ -Strahlen
 (4) Neutronenstrahlen
 (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

125 Welche der folgenden Strahlenarten können in Magnetfeldern abgelenkt werden?

- (1) α -Strahlen
 (2) β -Strahlen
 (3) γ -Strahlen
 (4) Röntgenstrahlen
 (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

126* Welche Aussage trifft zu?

Die Fähigkeit von α -, β^- - und γ -Strahlen vergleichbarer primärer Energie, Materie zu durchdringen, ist bei

- (A) α -Strahlen am größten, bei β^- -Strahlen am kleinsten
 (B) α -Strahlen am größten, bei γ -Strahlen am kleinsten
 (C) β^- -Strahlen am größten, bei α -Strahlen am kleinsten
 (D) γ -Strahlen am größten, bei α -Strahlen am kleinsten
 (E) γ -Strahlen am größten, bei β^- -Strahlen am kleinsten

127* Das natürliche Radiumisotop ^{226}Ra sendet α -, β - und γ -Strahlen aus.

In welcher Reihenfolge sind diese Strahlen nach **zunehmender** Fähigkeit, Materie zu durchdringen, richtig angeordnet?

- (A) α -Strahlen \rightarrow β -Strahlen \rightarrow γ -Strahlen
 (B) α -Strahlen \rightarrow γ -Strahlen \rightarrow β -Strahlen
 (C) γ -Strahlen \rightarrow α -Strahlen \rightarrow β -Strahlen
 (D) β -Strahlen \rightarrow γ -Strahlen \rightarrow α -Strahlen
 (E) γ -Strahlen \rightarrow β -Strahlen \rightarrow α -Strahlen

128 Welche Aussagen treffen zu?

Die Schwärzung von photographischem Material kann ausgenutzt werden zum Nachweis von:

- (1) α - und β^- -Strahlen
 - (2) γ -Strahlen
 - (3) Ultraschall
- (A) nur 1 ist richtig
 - (B) nur 2 ist richtig
 - (C) nur 3 ist richtig
 - (D) nur 1 und 2 sind richtig
 - (E) 1–3 = alle sind richtig

129 Welche Aussagen treffen zu?

Eine Probe erwärmt sich bei der Absorption von:

- (1) α -Strahlen
 - (2) β^- -Strahlen
 - (3) γ -Strahlen
 - (4) Infrarot-Strahlen
- (A) nur 3 ist richtig
 - (B) nur 4 ist richtig
 - (C) nur 1 und 2 sind richtig
 - (D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 - (E) 1–4 = alle sind richtig

130 Welche Aussagen treffen zu?

Zur Abschirmung folgender Strahlenarten genügt in der Regel ein Blatt Papier:

- (1) α -Strahlen
 - (2) β^- -Strahlen
 - (3) γ -Strahlen
 - (4) Neutronen-Strahlen
- (A) nur 1 ist richtig
 - (B) nur 4 ist richtig
 - (C) nur 1 und 3 sind richtig
 - (D) nur 1 und 4 sind richtig
 - (E) nur 2 und 4 sind richtig

131* Welche Aussage über die Strahlungswirkung in Materie trifft **nicht** zu?

- (A) α -Strahlung wirkt ionisierend.
- (B) β -Strahlung wirkt ionisierend.
- (C) γ -Strahlung wirkt ionisierend.
- (D) γ -Strahlung ist durchdringender als β -Strahlung gleicher Energie.
- (E) α -Strahlung ist durchdringender als β -Strahlung gleicher Energie.

132 Welche Aussage über die Wirkung der Strahlung von radioaktivem Material trifft **nicht** zu?

- (A) Photomaterial wird geschwärzt.
- (B) Metalle leuchten im Bereich des sichtbaren Lichts.
- (C) Zinksulfid leuchtet grünlich.
- (D) In Gasen tritt Ionisation auf.
- (E) Organische Moleküle werden verändert.

Messung Radioaktivität

133 Welche Aussage trifft zu?

Zur Charakterisierung von radioaktiven Präparaten verwendet man deren Aktivität. Sie ist definiert als:

- (A) Anzahl der Zerfälle pro Zeit
- (B) pro Zerfallsprozess freiwerdende Energie
- (C) beim Zerfall pro Zeiteinheit freiwerdende Energie
- (D) absorbierte Energie pro Masse
- (E) absorbierte Energie pro Zeit

134 Welche Aussage trifft zu?

Zur Charakterisierung von radioaktiven Präparaten verwendet man deren Aktivität. Sie hat die Einheit:

- (A) 1 Bq (Becquerel)
- (B) 1 Gy (Gray)
- (C) 1 J/kg
- (D) 1 W
- (E) 1 N/m

135 Welche Aussage trifft zu?

Die Energie radioaktiver Strahlung kann angegeben werden

- (A) durch die Halbwertszeit
- (B) durch die Zahl der Zerfälle pro Sekunde
- (C) in Elektronenvolt
- (D) in Becquerel
- (E) durch die Emissionsintensität

136 Welche Aussagen treffen zu?

Zur Messung der Radioaktivität eines radioaktiven Arzneimittels können prinzipiell folgende Geräte verwendet werden:

- (1) Geiger-Müller-Zähler
- (2) Ionisationskammer
- (3) Szintillationszähler

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

Kinetik des radioaktiven Zerfalls

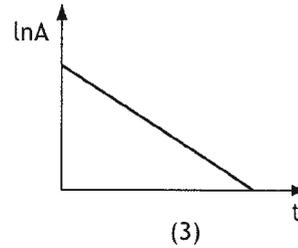
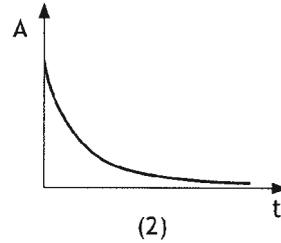
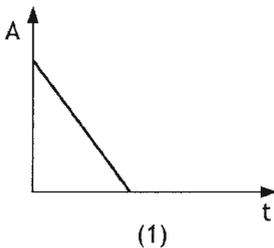
137* Der radioaktive Zerfall von $^{137}_{53}\text{I}$ verläuft nach einer Reaktion 1. Ordnung. Wie lautet die entsprechende Differentialgleichung für die Zerfallsgeschwindigkeit v , wenn $[A]$ die Konzentration bedeutet?

- (A) $v = -\frac{d[A]}{dt} = k[A]$
 (B) $v = -\frac{d[A]}{dt} = k$
 (C) $v = -\frac{d[A]}{c \cdot dt} = k$
 (D) $v = -\frac{d[A]}{dt}[A] = k$
 (E) $v = -\frac{d[A]}{dt} = -k$

138 Wie lautet nach dem radioaktiven Zerfallsgesetz die zeitliche Abhängigkeit für die Aktivität A einer radioaktiven Substanz? [A_0 : Aktivität zum Zeitpunkt $t = 0$; λ : Zerfallskonstante]

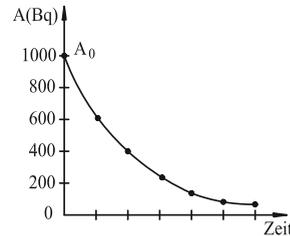
- (A) $A = A_0 \cdot \lambda \cdot t$
 (B) $A = A_0 \cdot \ln(\lambda \cdot t)$
 (C) $A = A_0 \cdot \lambda \cdot e^{\lambda \cdot t}$
 (D) $A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$
 (E) $A = \frac{A_0}{\lambda} \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

139 Welche der Kurven stellen die Abhängigkeit der Aktivität A eines radioaktiven Nuclids als Funktion der Zeit t richtig dar?

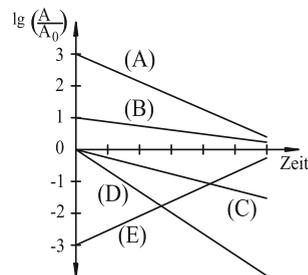


- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) nur 2 und 3 sind richtig

140 Die gemessene Aktivität A eines einheitlichen Nuclids nimmt mit der Zeit ab gemäß der nachstehenden Abbildung.

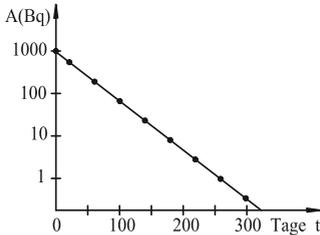


Welche Gerade in der unteren Abbildung (gleiche lineare Unterteilung der Zeit-Achse) stellt dieselben Messwerte richtig dar? (lg: dekadischer Logarithmus)



141 Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Die Aktivität A eines radioaktiven Präparats wird in Abhängigkeit von der Zeit t gemessen; die Messwerte ergeben folgendes Diagramm:



- (A) Es gilt der Zusammenhang $A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ ($\lambda = \text{Konstante}$).
- (B) Die Anfangsaktivität A_0 beträgt 1000 Bq.
- (C) Die Halbwertszeit $t_{1/2}$ beträgt 150 Tage.
- (D) Nach 200 Tagen ist die Aktivität auf ca. 1% der Anfangsaktivität abgeklungen.
- (E) In etwa 100 Tagen nimmt die Aktivität jeweils um einen Faktor 10 ab.

142⁺ Welche Aussagen treffen zu?

Die Zerfallsgeschwindigkeit eines radioaktiven Nuclids hängt ab

- (1) von der beim Kernzerfall freigesetzten Energie
- (2) vom Ionisationszustand des Nuclids
- (3) von der in einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Anzahl unzerfallener Atome
- (4) von äußerer Energiezufuhr
- (A) nur 1 ist richtig
- (B) nur 3 ist richtig
- (C) nur 1 und 4 sind richtig
- (D) nur 2 und 3 sind richtig
- (E) nur 2 und 4 sind richtig

143⁺ Welche Aussage über den radioaktiven Zerfall trifft zu?

Die Zerfallsgeschwindigkeit eines radioaktiven Elements hängt ab von der:

- (A) äußeren Temperatur
- (B) zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Anzahl unzerfallener Atome
- (C) Art der emittierten Strahlung
- (D) Modifikation des Elements
- (E) Bildung stabiler Zerfallsprodukte

Halbwertszeit**144** Welche Aussage trifft zu?

Die Halbwertszeit eines radioaktiven Nuclids bedeutet

- (A) die Zeit, nach der die Aktivität auf die Hälfte zurückgegangen ist
- (B) die Hälfte der Zeit, die vergeht, bis die Aktivität auf die Hälfte zurückgegangen ist
- (C) die Hälfte der Zeit, die der Emissionsvorgang eines Atoms beansprucht
- (D) die Zeit, nach der die Zahl der je Sekunde zerfallenden Kerne gerade halb so groß ist wie die Zahl der noch vorhandenen
- (E) die Hälfte der Zeit, die vergeht, bis die Aktivität ganz verschwindet

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

Eine bestimmte Menge eines radioaktiven Präparats möge ein einziges radioaktives Isotop enthalten, das eine nicht aktive Tochtersubstanz bildet.

- (A) Anfangs zerfallen pro Zeiteinheit mehr Atome als gegen Ende der Aktivitätszeit.
- (B) Der Zeitabschnitt, währenddessen die Aktivität jeweils auf die Hälfte des Wertes zu Beginn des Zeitabschnittes sinkt, ist konstant.
- (C) Die zu einem bestimmten Zeitpunkt gemessene Aktivität ist von der Anfangsaktivität abhängig.
- (D) Die Geschwindigkeit des Zerfalls gehorcht dem Gesetz einer Reaktion 1. Ordnung.
- (E) Die Halbwertszeit ist eine Funktion der Anfangsaktivität.

146⁺ Welche Aussage trifft zu?

Ein radioaktives Nuclid mit einer Halbwertszeit von 1 Jahr

- (A) strahlt nach Ablauf von 1 Jahr noch mit 37% des Anfangswertes
- (B) strahlt nach 1 Jahr um den Faktor $\ln 2$ schwächer als zu Beginn
- (C) ist nach 2 Jahren fast restlos zerfallen
- (D) ist nach 3 Jahren nur noch zu einem Sechstel vorhanden
- (E) Keine der vorstehenden Aussagen ist richtig

147 Welche Aussage trifft zu?

Für den β^+ - (Positronen-)Strahler ^{11}C wird eine Halbwertszeit von 20,38 Minuten angegeben. Dies bedeutet, dass nach Ablauf dieser Halbwertszeit

- (A) der Kohlenstoff nur noch zweiwertig auftritt
- (B) die Hälfte des anfangs vorhandenen Kohlenstoffs zu Bor zerfallen ist
- (C) die Energie der im Folgeprozess gebildeten Photonen auf die Hälfte gesunken ist
- (D) sich die Hälfte des ^{11}C in Kohlenstoff-Stabilisotope umgewandelt hat
- (E) nicht mehr β^+ - (Positronen-), sondern β^- - (Elektronen-)Strahlen ausgesendet werden

148 Welche Aussage trifft zu?

Für den β^- -Strahler Tritium (^3H) wird eine Halbwertszeit von 12,33 Jahren angegeben. Dies bedeutet, dass nach Ablauf dieser Halbwertszeit

- (A) Tritium nur noch die halbe Wertigkeit besitzt
- (B) die Hälfte des anfangs vorhandenen Tritiums zu Helium zerfallen ist
- (C) die Energie der im Folgeprozess gebildeten Photonen auf die Hälfte gesunken ist
- (D) sich die Hälfte des ^3H in Wasserstoff-Stabilisotope umgewandelt hat
- (E) nicht mehr β^- , sondern α -Strahlen ausgesendet werden

149 Ein schwach radioaktives Präparat werde mit einem Geiger-Müller-Zählrohr untersucht. Dazu wird zunächst die stets vorhandene natürliche Strahlung aus der Umgebung bestimmt, die im Mittel 20 Impulse pro Minute betrage.

Anschließend wird das Präparat vor das Zählrohr gesetzt und die Messung ergebe jetzt im Mittel 180 Impulse pro Minute. Das Zerfallsprodukt sei nicht radioaktiv.

Zwei Stunden später zeigt das Zählrohr (bei unveränderter Umgebungsstrahlung) im Mittel 60 Impulse pro Minute an.

Welche Aussage lässt sich demnach über die Halbwertszeit des Präparats machen?

- (A) Sie ist deutlich größer als zwei Stunden.

- (B) Sie beträgt etwa zwei Stunden.

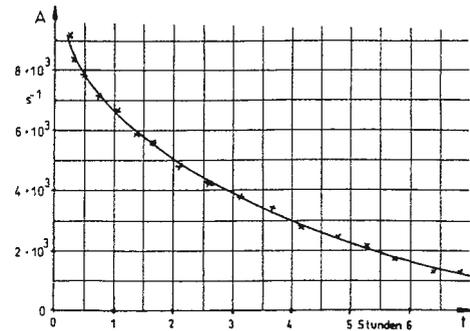
- (C) Sie beträgt etwa 1,5 Stunden.

- (D) Sie beträgt etwa eine Stunde.

- (E) Sie ist deutlich kleiner als eine Stunde.

Berechnungen

150 Die Aktivität A eines radioaktiven Präparats wird mehrfach gemessen; das Diagramm zeigt die beobachteten Messwerte. Wie groß ist etwa die Halbwertszeit des Präparats?



- (A) 0,4 Stunden

- (B) 0,63 Stunden

- (C) 2,5 Stunden

- (D) $4 \cdot 10^3$ Stunden

- (E) Keiner der Werte trifft annähernd zu

151 Welche Aussage trifft zu?

Das Nuclid $^{137}_{55}\text{Cs}$ zerfällt mit einer Halbwertszeit $t_h = 30$ a. Die Aktivität einer Probe mit diesem Nuclid sinkt demnach auf 10% ihres ursprünglichen Wertes in einem Zeitraum von etwa:

- (A) 3 a

- (B) 10 a

- (C) 30 a

- (D) 100 a

- (E) 300 a

152 Die Halbwertszeit einer Substanz beim radioaktiven Zerfall betrage 2 Stunden. Zu einem bestimmten Zeitpunkt liegen 40 ng dieses Stoffes vor.

Welche Menge dieser Substanz ist 8 Stunden später noch vorhanden?

- (A) 10 ng

- (B) 5 ng

- (C) 2,5 ng
 (D) 1,25 ng
 (E) 0

153 Zur Zeit $t = 0$ sind von einem radioaktiven Stoff (reiner β -Strahler, einheitliches Nuclid) 5 ng vorhanden. Nach zwei Stunden liegen noch 2,5 ng dieses Stoffes vor.

Nach welcher **weiteren** Zeit sind es nur noch 0,625 ng des ursprünglichen Stoffes?

- (A) 12 h
 (B) 8 h
 (C) 6 h
 (D) 4 h
 (E) 2 h

154 Das Nuclid ^{60}Co zerfällt unter Emission zweier γ -Quanten mit einer Halbwertszeit $t_{1/2} \approx 5,3$ Jahre.

Wie lange kann man eine Strahlenquelle mit einem solchen Strahler etwa betreiben, bis seine Aktivität auf 25 % der Anfangsaktivität abgefallen ist?

- (A) 0,37 Jahre
 (B) 0,69 Jahre
 (C) 2,65 Jahre
 (D) 10,6 Jahre
 (E) Kann **nicht** angegeben werden, wenn die Anfangsaktivität nicht bekannt ist.

155 Eine Tracer-Substanz enthält nur ein einheitliches strahlendes Nuclid mit einer Halbwertszeit von 8 Tagen.

Welcher Prozentsatz der Anfangsaktivität ist nach der angegebenen Zerfallsdauer noch vorhanden?

Zerfallsdauer	Prozentsatz
(A) 16 Tage	25 %
(B) 16 Tage	20 %
(C) 24 Tage	33 %
(D) 24 Tage	25 %
(E) 32 Tage	3,25 %

156 Eine Tracer-Substanz enthält nur ein einheitliches strahlendes Nuclid mit einer Halbwertszeit von 18 Tagen.

Welcher Prozentsatz der Anfangsaktivität ist nach der angegebenen Zerfallsdauer noch vorhanden?

Tage	Prozentsatz
(A) 24	25 %
(B) 24	20 %
(C) 36	33 %
(D) 36	25 %
(E) 72	3,25 %

Radiocarbonmethode

157 Welche Aussage zur Altersbestimmung von organischem Material mit der Radiocarbon-Methode ist **nicht** richtig?

- (A) $^{14}_6\text{C}$ entsteht durch kosmische Strahlung aus $^{14}_7\text{N} + \frac{1}{0}\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C}$.
 (B) Das Verhältnis von $^{14}_6\text{C}$ zu $^{12}_6\text{C}$ ist im lebenden Organismus konstant.
 (C) Der Anteil von $^{14}_6\text{C}$ nimmt in totem Material durch den Zerfall von $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + \text{e}^-$ ab.
 (D) Aus dem verbleibenden $^{14}_6\text{C}$ -Anteil kann das ungefähre Alter bestimmt werden.
 (E) $^{14}_6\text{C}$ ist ein α -Strahler.

158 Die Halbwertszeit des radioaktiven Nucleids ^{14}C beträgt etwa $t(1/2) \approx 5600$ Jahre. Wie alt ist ungefähr ein Ausgrabungsfund, wenn darin nur noch 40 % der natürlichen ^{14}C -Konzentration enthalten sind?

- (A) 1600 Jahre
 (B) 2400 Jahre
 (C) 4600 Jahre
 (D) 5400 Jahre
 (E) 7400 Jahre

159+ Das radioaktive $^{14}_6\text{C}$ hat eine Halbwertszeit von 5760 Jahren.

Wie alt ist ein archäologischer Fund, wenn der $^{14}_6\text{C}$ -Gehalt auf 25 % des natürlichen Isotopenverhältnisses der Atmosphäre abgesunken ist?

- (A) 2280 Jahre
 (B) 11520 Jahre
 (C) 17280 Jahre
 (D) 28800 Jahre
 (E) mehr als 50000 Jahre

Radiopharmaka

160 Welche Aussagen treffen zu?

Beim Einsatz radioaktiver Tracer für pharmakokinetische Untersuchungen muss man be-

achten, dass die Zerfallskonstante des verwendeten Nuclids

- (1) von der Wertigkeit der chemischen Bindung abhängt
 - (2) umgekehrt proportional zur Temperatur ist
 - (3) **nicht** von der Zeit abhängt
- (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

161 Welche der folgenden Aussagen treffen zu?

Zur pharmakokinetischen Analyse mit Messungen an einem Organ, in das eine radioaktiv markierte Substanz eingelagert ist, sind folgende Abhängigkeiten bei den Messwerten zu berücksichtigen:

Die Halbwertszeit des verwendeten Nuclids

- (1) wächst mit steigender Körpertemperatur
 - (2) ist unabhängig von der chemischen Bindung
 - (3) wird mit zunehmender Messzeit geringer
- (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) 1–3 = alle sind richtig

162 Welche Aussagen treffen zu?

Bei der Einlagerung und der Eliminierung einer mit ^{32}P markierten organischen Substanz treten folgende Effekte auf:

- (1) Bei der Verdünnung im Blut nimmt die physikalische Halbwertszeit der ^{32}P -Kerne ab.
 - (2) Bei der Einlagerung in das untersuchte Organ nimmt die physikalische Halbwertszeit der ^{32}P -Atome ab.
 - (3) Bei der Eliminierung ändert sich die physikalische Halbwertszeit der ^{32}P -Atome **nicht**.
- (A) nur 2 ist richtig
 (B) nur 3 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) nur 2 und 3 sind richtig

163 Welches der folgenden Isotope ist **nicht** radioaktiv?

- (A) ^{131}I
 (B) ^{35}Cl
 (C) ^{11}C
 (D) ^{137}Cs
 (E) ^{18}F

1.1.4 Atommodelle

Bohrsches Modell

164 Welche Aussagen über das Bohrsche Atommodell treffen zu?

- (1) Der Kern des neutralen Atoms enthält ebensoviele positive Elementarladungen wie die Hülle Elektronen.
 - (2) Die Masse des gesamten Atoms befindet sich ungefähr zur Hälfte im Kern und in der Hülle.
 - (3) Bei der Absorption von Strahlung kann das Atom in einen Zustand größerer Energie übergehen.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 1 und 3 sind richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

165 Welche Aussage zum Bohrschen Atommodell trifft **nicht** zu?

- (A) Der Atomkern ist stets positiv geladen.
 (B) Der Atomkern repräsentiert nahezu die gesamte Atommasse.
 (C) Der Atomkern enthält stets Neutronen.
 (D) Der Atomkern enthält stets Protonen.
 (E) Das Atom enthält stets Elektronen.

166* Die Hülle des neutralen Wasserstoffatoms enthält beim Bohrschen Modell ein Elektron.

Welche Kraft sorgt dafür, dass dieses in der Umgebung des Kerns verbleibt?

- (A) Lorentzkraft
 (B) Elektromotorische Kraft
 (C) Coulomb-Kraft
 (D) Gravitationskraft
 (E) Zentrifugalkraft

167* Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Das „Bohrsche Modell“ des Wasserstoffatoms beruht auf der Annahme, dass das Elektron den Kern auf einer stationären Kreisbahn umläuft, für die gilt:

- (A) An jeder Stelle der Umlaufbahn wirkt die anziehende Coulomb-Kraft.
- (B) Für die vorkommenden Bahnen gilt: Energie = Impuls.
- (C) Vom Grundzustand aus muss um so mehr Lichtenergie $E = h \cdot \nu$ absorbiert werden, je größer der Radius der dann auftretenden Bahn sein soll.
- (D) Das angeregte Elektron kann unter Lichtemission von einer energiereichen Bahn spontan auf eine energieärmere Bahn übergehen.
- (E) Die Frequenz der beim Übergang zwischen Bahnen emittierten oder absorbierten Strahlung ist durch die Energiedifferenz der Bahnen festgelegt.

168 Welche Aussagen zum Bohrschen Atommodell treffen zu?

- (1) Ein angeregtes Elektron kann unter Lichtemission spontan von einer inneren Bahn auf eine äußere Bahn (mit größerem Radius) übergehen.
 - (2) Die Frequenz der beim Übergang zwischen Bahnen emittierten oder absorbierten Strahlung ist durch die Impulsdifferenz $\Delta(m \cdot v)$ der Elektronen auf diesen Bahnen festgelegt.
 - (3) Für die Anziehung der Elektronen an den Kern ist im wesentlichen die Coulomb-Kraft verantwortlich.
- (A) nur 3 ist richtig
 - (B) nur 1 und 2 sind richtig
 - (C) nur 1 und 3 sind richtig
 - (D) nur 2 und 3 sind richtig
 - (E) 1–3 = alle sind richtig

169 Welche Aussagen zum Bohrschen Atommodell treffen zu?

- (1) Die Energiezustände des Wasserstoffatoms lassen sich mit seiner Hilfe in guter Näherung beschreiben.
- (2) Ein Atom im Grundzustand absorbiere ein Lichtquant. Je kleiner dessen Energie

ist, desto größer ist der Radius der Bahn, auf den das Elektron bei der Absorption gehoben wird.

- (3) Die Frequenz der beim Übergang zwischen Bahnen emittierten oder absorbierten Strahlung ist durch die Differenz der zu den Bahnen gehörenden Energie festgelegt.
 - (4) Fast die gesamte Masse des Atoms ist in seinem Kern konzentriert.
- (A) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 - (B) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 - (C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 - (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 - (E) 1–4 = alle sind richtig

170 Welche Aussagen zum Bohrschen Atommodell treffen zu?

- (1) Für die Anziehung der Elektronen an den Kern ist im wesentlichen die Gravitationskraft verantwortlich.
 - (2) Die Gesamtmasse des Atoms ist etwa je zur Hälfte auf Kern und Elektronenhülle verteilt.
 - (3) Die Summen der elektrischen Ladungen in Kern und Elektronenhülle sind beim neutralen Atom betragsmäßig gleich.
 - (4) Quantenmechanische Atommodelle liefern an Stelle der „erlaubten“ Bohrschen Elektronenbahnen nur noch Wahrscheinlichkeitsverteilungen für den Aufenthalt der Elektronen.
- (A) nur 3 ist richtig
 - (B) nur 4 ist richtig
 - (C) nur 3 und 4 sind richtig
 - (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 - (E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

171 Welche Aussagen treffen zu?

- (1) Alle voll besetzten inneren Schalen einer Atomart enthalten gleich viele Elektronen.
- (2) In einer inneren Schale können sich höchstens soviele Elektronen aufhalten wie die Hauptquantenzahl n angibt.
- (3) In einer vollen Schale stehen die Spins aller Elektronen parallel.
- (4) Beim Stoß mit einem energiereichen Teilchen kann ein Elektron aus einer in-

neren Schale auf die nächste vollbesetzte Schale angehoben werden.

- (A) Keine der Aussagen (1) bis (4) trifft zu.
- (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

Orbitalmodell

172 Welche Aussage über Elektronen und Orbitale in einem Atom trifft **nicht** zu?

- (A) Das Orbital ermöglicht eine Aussage über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Elektrons.
- (B) Jedes Elektron kann durch vier Quantenzahlen eindeutig charakterisiert werden.
- (C) Es gibt keine Elektronen, die in allen Quantenzahlen übereinstimmen.
- (D) Ein Orbital kann höchstens mit zwei Elektronen besetzt werden.
- (E) Elektronen können jeden beliebigen Energiewert annehmen.

173 Welche Aussagen über Atomorbitale treffen zu?

- (1) Wellenfunktionen für stationäre Zustände von Elektronen in einem Atom nennt man Atomorbitale.
 - (2) Ein Orbital kann qualitativ als Raum der Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen beschrieben werden.
 - (3) Zur eindeutigen Charakterisierung von Orbitalen genügt die Angabe der Nebenquantenzahl l .
 - (4) Die Ladungswolke von s-Orbitalen kann als kugelförmig betrachtet werden.
 - (5) Die Ladungswolke von p-Orbitalen kann angenähert als hantelförmig beschrieben werden.
- (A) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 - (B) nur 2, 3 und 5 sind richtig
 - (C) nur 2, 4 und 5 sind richtig
 - (D) nur 1, 2, 4 und 5 sind richtig
 - (E) 1–5 = alle sind richtig

174 Welche Aussagen über Atomorbitale treffen zu?

- (1) Sie sind graphisch darstellbar.
 - (2) Sie sind Beschreibungsgrößen.
 - (3) Ihre Form wird durch die Nebenquantenzahl charakterisiert.
 - (4) Ihre räumliche Orientierung wird durch die Magnetquantenzahl charakterisiert.
- (A) nur 1 und 2 sind richtig
 - (B) nur 3 und 4 sind richtig
 - (C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 - (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 - (E) 1–4 = alle sind richtig

175 Welche Aussagen treffen zu? Ein Atomorbital

- (1) ist der Raum hoher Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen
 - (2) umschließt alle möglichen Bahnen eines Elektrons
 - (3) wird durch seine Nebenquantenzahl charakterisiert
 - (4) wird durch seine Spinquantenzahl charakterisiert
- (A) nur 1 und 2 sind richtig
 - (B) nur 1 und 3 sind richtig
 - (C) nur 3 und 4 sind richtig
 - (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 - (E) 1–4 = alle sind richtig

176⁺ Welche Aussagen über Atomorbitale treffen zu?

- (1) Ein Orbital ist der Ort hoher Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen.
 - (2) Zur eindeutigen Charakterisierung von Orbitalen genügt die Angabe der Haupt- und Nebenquantenzahl.
 - (3) Es gibt fünf unterschiedliche p-Orbitale.
 - (4) p-Orbitale sind rosettenförmig.
- (A) nur 1 ist richtig
 - (B) nur 2 ist richtig
 - (C) nur 1 und 2 sind richtig
 - (D) nur 1 und 3 sind richtig
 - (E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

177 Welche Aussagen über Atomorbitale treffen zu?

- (1) Ein Orbital ist der Raum hoher Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen.

- (2) Zur eindeutigen Charakterisierung von Orbitalen genügt die Angabe der Nebenquantenzahl.
- (3) s-Orbitale sind kugelförmig.
- (4) p-Orbitale sind achsensymmetrisch.
- (A) nur 1 und 2 sind richtig
 (B) nur 1 und 3 sind richtig
 (C) nur 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

178 Welche Aussage über Elektronen und Orbitale in einem Atom trifft **nicht** zu?

- (A) Das Orbital ermöglicht eine Aussage über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Elektrons.
- (B) Jedes Elektron kann durch vier Quantenzahlen eindeutig charakterisiert werden.
- (C) Es gibt keine Elektronen, die in drei Quantenzahlen übereinstimmen.
- (D) Ein Orbital kann höchstens mit zwei Elektronen besetzt werden.
- (E) Elektronen können verschiedene Energiestufen einnehmen.

179* Welche Aussagen über Orbitale treffen zu?

- (1) Sie werden durch vier Quantenzahlen charakterisiert.
- (2) Sie sind Orte hoher Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen.
- (3) Sie können nach dem Pauli-Prinzip maximal zwei Elektronen aufnehmen.
- (4) Alle d-Orbitale sind rosettenförmig.
- (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) nur 2, 3 und 4 sind richtig

180 Welche Aussage über Orbitale trifft **nicht** zu?

- (A) Sie werden durch 3 Quantenzahlen charakterisiert.
- (B) Sie sind Orte hoher Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen.
- (C) s-Orbitale sind immer kugelsymmetrisch.
- (D) p_x -Orbitale können maximal 2 Elektronen aufnehmen.

- (E) d_z^2 -Orbitale können maximal 4 Elektronen aufnehmen.

181 Welche Aussage zur Elektronenhülle eines Atoms trifft **nicht** zu?

- (A) Die Besetzung der Orbitale mit Elektronen erfolgt ausgehend vom energieärmsten Niveau.
- (B) Die L-Schale liegt energetisch niedriger als die M-Schale.
- (C) Mehr als zwei Elektronen pro Orbital sind ausgeschlossen.
- (D) Die Besetzung von p-Orbitalen erfolgt zunächst einzeln mit jeweils einem Elektron.
- (E) Das 4s-Orbital liegt energetisch höher als das 3d-Orbital.

182* Welches der folgenden Orbitale ist am energieärmsten?

- (A) 3d
 (B) 4s
 (C) 4p
 (D) 4d
 (E) 5s

Quantenzahlen

Ordnen Sie bitte den in Liste 1 genannten Quantenzahlen die jeweils entsprechende Charakterisierung aus Liste 2 zu!

Liste 1

183 Hauptquantenzahl

184 magnetische Quantenzahl

185* Nebenquantenzahl

186* Spinquantenzahl

Liste 2

- (A) Eigendrehimpuls des Elektrons
- (B) Aufspaltung entarteter Energieniveaus im Magnetfeld
- (C) Schalencharakteristik, Hauptenergieniveau
- (D) Bahndrehimpuls des sich um den Kern bewegenden Elektrons
- (E) Pauli-Prinzip

Ordnen Sie bitte den in Liste 1 genannten Quantenzahlen die jeweils entsprechende Charakterisierung aus Liste 2 zu!

Liste 1

187* Nebenquantenzahl

188* Magnetquantenzahl

189 Welche Aussagen über Quantenzahlen treffen zu?

- (1) Die Hauptquantenzahl n kann nur ganzzahlige positive Werte ($n = 1, 2, 3, \dots$) annehmen.
 - (2) Die Nebenquantenzahl l kann nur ganzzahlige Werte von 0 bis $(n-1)$ annehmen (n : Hauptquantenzahl).
 - (3) Die Magnetquantenzahl m kann nur ganzzahlige Werte von $+l$ bis $-l$ annehmen (l : Nebenquantenzahl).
 - (4) Die Spinquantenzahl kann nur die Werte $+1/2$ und $-1/2$ annehmen.
- (A) nur 3 ist richtig
 (B) nur 1 und 4 sind richtig
 (C) nur 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

190* Wieviele **Elektronen** mit der Hauptquantenzahl $n = 4$ können maximal in einem Atom enthalten sein?

- (A) 10
 (B) 16
 (C) 18
 (D) 32
 (E) 36

191 Wieviele **Orbitale** stehen bei einer Hauptquantenzahl von $n = 5$ zur Besetzung mit Elektronen **insgesamt** zur Verfügung?

- (A) 25
 (B) 32
 (C) 39
 (D) 46
 (E) 50

Liste 2

- (A) Spin des Elektrons
 (B) Orbitalorientierung im Raum
 (C) Größe des Orbitals
 (D) Orbitalhybridisierung
 (E) Orbitalform

1.1.5 Elektronenbesetzung von Orbitalen

Siehe auch MC-Fragen Nr. 267–297!

192 Welche Aussagen über die Elektronenbesetzung der Orbitale treffen für Elemente im Grundzustand zu?

- (1) Energiegleiche Orbitale werden zunächst einzeln von Elektronen mit parallelem Spin besetzt.
 - (2) Die Zahl der in einem Orbital lokalisierten Elektronen beträgt maximal zwei.
 - (3) Die in einem Orbital lokalisierten Elektronen müssen in sämtlichen Quantenzahlen übereinstimmen.
 - (4) Das Spinmoment eines mit Elektronen vollbesetzten Orbitals beträgt null.
- (A) nur 1 und 2 sind richtig
 (B) nur 3 und 4 sind richtig
 (C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
 (D) nur 1, 2 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

193* Welche Aussage über die Besetzungsregeln von Orbitalen trifft **nicht** zu?

- (A) Ein Orbital kann maximal mit zwei Elektronen unterschiedlicher Spinquantenzahl besetzt werden.
 (B) Das Pauli-Prinzip gilt auch für langlebige Radikale.
 (C) Degenerierte (entartete) Orbitale werden nacheinander paarweise mit Elektronen von entgegengesetztem Spin besetzt.
 (D) Degenerierte (entartete) Orbitale werden von Elektronen mit parallelem Spin zunächst nur einfach besetzt.
 (E) Ist die Zahl der Elektronen größer als die Zahl der degenerierten Orbitale, dann werden diese auch doppelt, jedoch mit Elektronen von entgegengesetztem Spin besetzt.

194* Welche Aussage trifft zu?

Nach dem Pauli-Prinzip

- (A) können höchstens zwei Elektronen mit antiparallelem Spin ein Atomorbital besetzen

- (B) erfolgt bei der Elektronenanregung keine Spinänderung
- (C) können zwei Elektronen nur in zwei Quantenzahlen übereinstimmen
- (D) werden Atomorbitale immer in der Reihenfolge s, p, d, f besetzt
- (E) ist der Übergang von Singulett- in Triplett-Zustände verboten

Ordnen Sie bitte den Begriffen der Liste 1 die jeweils zutreffende Aussage aus Liste 2 zu!

Liste 1

- 195*** Pauli-Prinzip
- 196*** Hundzsche Regel

Liste 2

- (A) Energiegleiche Orbitale der Elemente im Grundzustand werden von Elektronen (mit parallelem Spin) einzeln besetzt.
- (B) Energiegleiche Orbitale der Elemente im Grundzustand werden mit steigender Ordnungszahl von Elektronen zunächst paarweise besetzt.
- (C) Atomorbitale der Elemente im Grundzustand können maximal zwei Elektronen mit parallelem Spin aufnehmen.
- (D) Zwei Elektronen eines Atomorbitals stimmen im Grundzustand **nicht** in allen Quantenzahlen überein.
- (E) Beim Übergang eines Elektrons von einem energiereicheren auf einen energieärmeren Zustand wird Energie in Quanten abgegeben.

Ordnen Sie bitte den in Liste 1 aufgeführten Aussagen den für sie jeweils zutreffenden Begriff aus Liste 2 zu!

Liste 1

- 197*** Zwei Elektronen eines Atoms stimmen nie in allen vier Quantenzahlen überein.
- 198*** Die Orbitale einer Unterschale werden so besetzt, dass die Zahl der Elektronen mit gleichem Spin maximal ist.

Liste 2

- (A) Hundzsche Regel
- (B) Ostwaldsches Gesetz
- (C) Bohrsche Theorie
- (D) Pauli-Prinzip
- (E) Nernstsches Verteilungsgesetz

199* In welcher Reihenfolge werden bei den auf Argon folgenden Elementen die Energieniveaus mit Elektronen besetzt?

- (A) 3d 4s 4p 5s 4d
- (B) 4s 3d 4p 5s 6s
- (C) 3d 4s 4p 4d 5s
- (D) 4d 4p 3d 4d 5s
- (E) 4s 3d 4p 5s 4d

200 In welcher Reihenfolge werden im Periodensystem der Elemente die Elektronenniveaus voll besetzt?

- (A) 4d 5s 5p 4f 6s
- (B) 5s 4d 5p 6s 4f
- (C) 4d 5s 4f 5p 6s
- (D) 4d 5s 4f 5p 5d
- (E) 5s 4d 5p 4f 6s

1.1.6 Angeregte Atome

Weitere Prüfungsfragen zur „Anregung von Atomen“ finden sich in Ehlers, **Analytik II** Prüfungsfragen Kap. 11.5.

Vor der Ermittlung von Elektronenkonfigurationen angeregter Zustände ist es sinnvoll, zunächst die Fragen des Kap. 1.2.3 zu bearbeiten und danach erst die Fragen Nr. 201–220 zu beantworten.

201 Welche Aussage über die Anregung von Elektronen in Mehrelektronenatomen durch Lichtquanten trifft zu?

- (A) Die Anregung ist an das Vorhandensein eines kernmagnetischen Moments gebunden.
- (B) Die Energie des Lichtquants muss die Elektronenanregungsenergie deutlich übersteigen.
- (C) Durch Lichtquanten können nur s-Elektronen angeregt werden.
- (D) Eine Änderung der Hauptquantenzahl kann nur bei gleichzeitiger Änderung des Elektronenspins erfolgen.
- (E) Keine der Aussagen (A) bis (D) trifft zu.

202 Welche Aussagen über Atome treffen zu?

- (1) Der Kern des neutralen Atoms enthält ebensoviele positive Elementarladungen wie die Hülle Elektronen.
 - (2) Die Masse der Atomkerne stimmt nahezu mit der gesamten Atommasse überein.
 - (3) Bei der Absorption von Strahlung kann das Atom in einen Zustand größerer Energie übergehen.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 1 und 3 sind richtig
 (D) nur 2 und 3 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

203* Welche Aussage zum Atomaufbau trifft zu?

- (A) Atome haben stets voll besetzte Elektronenschalen.
- (B) Die innersten drei Elektronenschalen eines Atoms sind stets mit gleich vielen Elektronen besetzt.
- (C) Röntgenstrahlung tritt auf beim Übergang eines Elektrons vom Kern auf eine innere Elektronenbahn.
- (D) Ein Atom hat stets ebensoviele Elektronen wie Kernbausteine.
- (E) Bei der optischen Spektralanalyse werden äußere Übergänge in den Elektronenhüllen von Atomen ausgenutzt.

204 Welche Aussage trifft zu?

Ein Edelgasatom befindet sich in einem angeregten Elektronenzustand, wenn

- (A) es radioaktiv zerfallen kann
- (B) es sich in der Atmosphäre in großer Höhe über dem Erdboden befindet
- (C) es unmittelbar zuvor eine elastische Reflexion an einer festen Wand erfahren hat (Gasbewegung)
- (D) sich ein Elektron in einem Zustand befindet, der energiereicher ist als der Grundzustand
- (E) es mehr Neutronen als Protonen besitzt

205* Welche Aussagen über Spektren treffen zu?

Angeregte Atome ergeben beim Übergang in den Grundzustand ein:

- (1) Linienspektrum
 - (2) Bandenspektrum
 - (3) Emissionsspektrum
 - (4) Absorptionsspektrum
- (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 4 sind richtig

206 Welche Aussagen über Spektren treffen zu?

Angeregte Atome liefern beim Übergang in den Grundzustand

- (1) Linienspektren
 - (2) Emissionsspektren
 - (3) kontinuierliche Spektren
 - (4) Absorptionsspektren
 - (5) Spektren mit Wellenlängen auch im nicht-sichtbaren Bereich
- (A) nur 1 und 2 sind richtig
 (B) nur 1 und 4 sind richtig
 (C) nur 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 3 und 5 sind richtig
 (E) nur 1, 2 und 5 sind richtig

207* Welche Aussage trifft zu?

Aus der Frequenz einer Atomemissionslinie kann in einfacher Weise abgeleitet werden:

- (A) der Energieinhalt des jeweiligen Grundzustandes
- (B) der Energieinhalt des jeweiligen angeregten Zustandes
- (C) die Differenz der Energieinhalte zweier Kernspinzustände
- (D) die Differenz der Energieinhalte zweier Elektronenzustände
- (E) die Größen der Kerndrehimpulse

208* Welche Aussage trifft zu?

Der Übergang des Mg-Atoms vom Grundzustand zum ersten angeregten Zustand ist bezüglich der besetzten Orbitale wie folgt zu beschreiben:

- (A) $2p_z^2 \longrightarrow 2p_z 3p_x$

- (B) $3s^2 \longrightarrow 3s 3p_x$
 (C) $2p_y^2 2p_z^2 \longrightarrow 2p_y 2p_z 3p_x^2$
 (D) $2p_y^2 2p_z^2 \longrightarrow 2p_z 3p_x 3p_y$
 (E) $2p_z^2 3s^2 \longrightarrow 2p_z 3s 3p_x^2$

209* Welches Element der 2. Periode des Periodensystems besitzt im **angeregten** Zustand die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^1 2p^2$?

- (A) B
 (B) C
 (C) N
 (D) O
 (E) F

210 Welches Element der 2. Periode des Periodensystems kann die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^1 2p^3$ haben?

- (A) B
 (B) C
 (C) N
 (D) O
 (E) F

Ordnen Sie bitte jedem Ion aus Liste 1 die für seinen ersten **angeregten** Zustand jeweils zutreffende Elektronenkonfiguration aus Liste 2 zu!

Liste 1

- 211*** N^+
212* B^-

Liste 2

- (A) $1s^2 2s^2 2p^1$
 (B) $1s^2 2s^2 2p^2$
 (C) $1s^2 2s^1 2p^3$
 (D) $1s^2 2s^2 2p^3$
 (E) $1s^2 2s^2 2p^4$

213* Welche Aussagen über den Grundzustand und den elektronisch **angeregten** Zustand des Berylliums treffen zu?

- (1) $1 s^2 2 s^2 \longrightarrow 1 s^2 2 s^1 2 p^1$
 (Grundzustand) (ein elektronisch angeregter Zustand)
 (2) Sind die Spins $2 s^1$ und $2 p^1$ antiparallel, so spricht man von einem Singulett-Zustand.
 (3) Sind die Spins $2 s^1$ und $2 p^1$ parallel, so handelt es sich um einen Triplett-Zustand.
 (A) nur 1 ist richtig

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

214* Welche Aussage trifft zu?

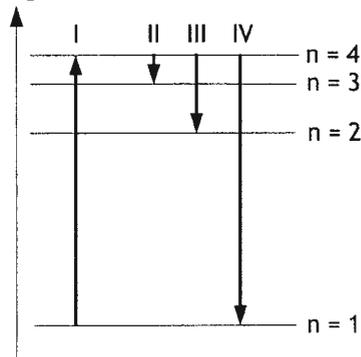
Ein Triplett-Zustand ist dadurch gekennzeichnet, dass

- (A) zwei Elektronen ungepaarten Spin aufweisen
 (B) alle Elektronen ungepaarten Spin aufweisen
 (C) sich drei Elektronen in einem Orbital befinden
 (D) drei angeregte Elektronen vorliegen
 (E) eine angeregte Dreizentrenbindung vorliegt

Wasserstoff-Spektrum

215 Die Skizze zeigt ein vereinfachtes Energieschema eines Wasserstoffatoms. Durch Einstrahlen geeigneten Lichts wird das Atom in das Niveau (I) angeregt.

Energie



Welche Aussagen zur anschließenden Lichtemission treffen zu?

- (1) Das Emissionsspektrum ist ein Linienspektrum.
 (2) Nur der Übergang IV (in den Grundzustand) ist erlaubt, während die Übergänge II und III verboten sind.
 (3) Das Emissionsspektrum ist ein kontinuierliches.
 (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig

- (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 2 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

216+ Welche Aussage trifft zu?

Das Zustandekommen der Balmer-Serie des Wasserstoff-Emissionsspektrums wird erklärt durch eine(n)

- (A) Übergang des Elektrons in ein Orbital mit der Hauptquantenzahl 1
 (B) Übergang des Elektrons in ein Orbital mit der Hauptquantenzahl 2
 (C) Übergang des Elektrons in ein Orbital mit der Hauptquantenzahl 3
 (D) Elektronenspinänderung
 (E) Änderung der Nebenquantenzahl des Elektrons bei gleicher Hauptquantenzahl

217 Welche Aussage trifft zu?

Wird Wasserstoffgas in einer elektrischen Gasentladungsröhre angeregt, so wird unter anderem eine rote Linie emittiert (erste Linie der Balmer Serie).

Der Anregungsschritt lässt sich wie folgt beschreiben (E = Energie; * = angeregter Zustand):

- (A) $\text{H}_2 + \text{E} \longrightarrow 2 \text{H} \cdot$
 (B) $\text{H} \cdot + \text{E} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{e}^-$
 (C) $\text{H} \cdot + \text{E} \longrightarrow \text{H} \cdot *$
 (D) $\text{H}_2 + \text{E} \longrightarrow \text{H}_2^*$
 (E) $\text{H}_2 + \text{E} \longrightarrow \text{H}_2^+ + \text{e}^-$

Flammenfärbung

Weitere Prüfungsfragen zur „Flammenfärbung“ finden sich in Ehlers, **Analytik I** Prüfungsfragen Kap. 1.2 und in Ehlers **Analytik II** Prüfungsfragen Kap. 11.4.

Ordnen Sie bitte den in Liste 1 aufgeführten Elementen eine der in Liste 2 genannten Flammenfärbungen zu!

Liste 1	Liste 2
218+ Lithium	(A) rot
219+ Thallium	(B) gelb
	(C) grün
	(D) blau
	(E) violett

220 Welches der folgenden Salze färbt die Flamme **nicht** wie angegeben?

- (A) NaCl – gelb
 (B) KCl – violett
 (C) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ – grün
 (D) LiCl – rot
 (E) SrCl_2 – blau

2.1 Edelgase

8. HG.: siehe auch MC-Fragen Nr. 27, 30, 106, 108, 272, 280, 600, 1433, 1887

2.1.1 Vorkommen, Gewinnung, Reaktivität und Anwendung

1275+ 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) 1–4 = alle sind richtig

1276+ Welche Aussagen treffen zu?
Alle Edelgase

- (1) sind chemisch inert
- (2) besitzen die höchsten Ionisierungsenergien ihrer Periode

- (3) werden im technischen Maßstab durch fraktionierte Destillation aus verflüssigter Luft gewonnen
 - (4) liegen atomar vor
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 und 3 sind richtig
 (C) nur 2 und 4 sind richtig
 (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

1277 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.

1278+ 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) 1–5 = alle sind richtig

1279 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

1280* 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.

1281* Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Helium

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

1282* Welche Aussage über Helium trifft **nicht** zu?

- (A) Helium hat den tiefsten Siedepunkt aller bekannten Stoffe.
- (B) Nach dem MO-Modell resultiert für He_2^+ im Gegensatz zu He_2 ein bindender Anteil.
- (C) Der Aufenthaltswahrscheinlichkeitsraum der Elektronen des He-Atoms besitzt Kugelsymmetrie.
- (D) Helium ist zur Bildung von Fluoriden befähigt.
- (E) Helium kommt in gewissen Erdgasen als Folgeprodukt radioaktiver Zerfallsvorgänge vor.

1283 Welche Aussagen treffen zu?
Helium

- (1) ist das in der Erdatmosphäre am häufigsten vorkommende Edelgas
 - (2) wird aus Erdgasen gewonnen
 - (3) besitzt den tiefsten Siedepunkt aller Edelgase
 - (4) kann **keine** stabilen, isolierbaren chemischen Verbindungen mit anderen Elementen bilden
- (A) nur 1 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) nur 2, 3 und 4 sind richtig

1284 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) 1–4 = alle sind richtig

- 1285** Welche Aussagen zu Xenon treffen zu?
- (1) Xenon bildet mit Fluor kovalente Bindungen.
 - (2) Xenon hat die Elektronenkonfiguration $5s^25p^64d^{10}$.
 - (3) Xenon steht im PSE in der 8. Hauptgruppe.
 - (4) Xenon steht im PSE 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) 1–4 = alle sind richtig

2.2 Wasserstoff

siehe auch MC-Fragen Nr. 22, 29, 50, 82–84, 105, 148, 166, 167, 169, 215–217, 267, 268, 281, 282, 291, 356, 534, 1003, 1005, 1114, 1115, 1144, 1273, 1888

2.2.1 Gewinnung und Bildung von Wasserstoff

1286+ Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Die folgende Gleichung beschreibt eine Reaktion, mit der Wasserstoff gewonnen werden kann.

- (A) $\text{H}_2\text{O} + \text{C} \xrightarrow{1000^\circ\text{C}} \text{CO} + \text{H}_2$
 (B) $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{e}^- \longrightarrow 1/2 \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 (C) $2 \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Zn} \longrightarrow \text{H}_2 + \text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
 (D) $2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cu} \longrightarrow \text{H}_2 + \text{Cu}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$
 (E) $\text{CaH}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}_2$

1287+ Welche Reaktion ist zur Gewinnung von Wasserstoff **nicht** geeignet?

- (A) $\text{Fe} + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
 (B) $2 \text{Na} + 2 \text{NH}_3 \longrightarrow 2 \text{NaNH}_2 + \text{H}_2$
 (C) $\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CaO} + 2 \text{H}_2$
 (D) $\text{Cu} + 2 \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2$
 (E) $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{CO} + \text{H}_2$

1288 Welche der folgenden Umsetzungen führt **nicht** zu Wasserstoff?

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

1289 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) $\text{CO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{Gas})}$
 (E) $\text{Mg}_2\text{N}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$

1290+ Welche Reaktion ist für die Gewinnung von H_2 aus H_2O **nicht** brauchbar?

- (A) $\text{H}_2\text{O} + \text{CaH}_2 \longrightarrow \text{CaO} + 2 \text{H}_2$
 (B) $\text{H}_2\text{O} + \text{NaH} \longrightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$
 (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) $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na} \longrightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$

1291+ Welche Reaktion beschreibt die Auflösung eines Metalls in überschüssiger Säure richtig?

- (A) $\text{Fe} + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
 (B) $\text{Cr} + 2 \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2$

- (C) $\text{Ag} + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{AgNO}_3 + \frac{1}{2} \text{H}_2$
 (D) $\text{Sb} + 3 \text{HCl} \longrightarrow \text{SbCl}_3 + \frac{3}{2} \text{H}_2$
 (E) Keine der genannten Reaktionen

1292* Welche Reaktion ist zur Gewinnung von Wasserstoff **nicht** geeignet?

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

1293* Im Folgenden ist (in einer schematisierten Schreibweise) die Oxidation verschiedener Metalle in Salzsäure ($6 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) dargestellt. Welche dieser Redoxreaktionen läuft bei Abwesenheit von Luftsauerstoff **nicht** ab?

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

1294* Im Folgenden ist (in einer schematisierten Schreibweise) die Oxidation verschiedener Metalle in Salzsäure ($6 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) dargestellt. Welche dieser Redoxreaktionen laufen bei Abwesenheit von Luftsauerstoff ab?

- (1) $\text{Sn} + 2 \text{H}^+ \longrightarrow \text{Sn}^{2+} + \text{H}_2$
 (2) $2 \text{Al} + 6 \text{H}^+ \longrightarrow 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{H}_2$
 (3) $\text{Mg} + 2 \text{H}^+ \longrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2$
 (4) $\text{Zn} + 2 \text{H}^+ \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$

- (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) 1–4 = alle sind richtig

1295* Welches der folgenden Metalle wird als Blech von konzentrierter Salpetersäure aufgelöst?

- (A) Gold
 (B) Kupfer
 (C) Eisen
 (D) Chrom
 (E) Aluminium

1296* 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

1297* 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).

1298 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) 1–5 = alle sind richtig

1299 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) 1–3 = alle sind richtig

2.2.2 Wasserstoffisotope

1300 Welche Aussage trifft zu?

Die Teilchen H^- und D sind:

- (A) isotop
- (B) isomer
- (C) isomorph
- (D) isoster
- (E) Keine der Aussagen (A) bis (D) trifft zu

1301* Welche Aussagen über Wasserstoff bzw. dessen Isotope treffen zu?

- (1) In natürlichem Wasserstoff liegen die drei Wasserstoffisotope im Atomverhältnis $H:D:T = 1:10^{-18}:10^{-4}$ vor.
- (2) Tritium wird wegen seiner Radioaktivität zur Markierung von Wasserstoffverbindungen verwendet.
- (3) Deuterium ist **nicht** radioaktiv.
- (4) Das Ionenprodukt von „Schwerem Wasser“ (D_2O) ist bei $25\text{ }^\circ\text{C}$ größer als das von H_2O .
- (5) Atomarer Wasserstoff kann bei hohen Temperaturen aus H_2 erhalten werden.

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

1302 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.

1303 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

1304* 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

1305* Welche Aussage über das Wasserstoffisotop Tritium (3_1H) 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

1306* Welche der folgenden Isotopenaustauschreaktionen mit D_2O findet normalerweise **nicht** statt?

- (A) $\text{NH}_4^+ + \text{D}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_3\text{D}^+ + \text{HDO}$
 (B) $\text{CH}_3\text{-OH} + \text{D}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{-OD} + \text{HDO}$
 (C) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{D}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{D} + \text{HDO}$
 (D) $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CO-CH}_3 + \text{D}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{-CO-CHD-CO-CH}_3 + \text{HDO}$
 (E) $\text{CH}_3\text{-CO}_2\text{H} + \text{D}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{-CO}_2\text{D} + \text{HDO}$

1307⁺ Welche der folgenden Reaktionen führt **nicht** zu einem deuterierten Produkt?

- (A) $\text{CH}_4 + \text{D}_2/\text{Ni} \longrightarrow$
 (B) $\text{CH}_4 + \text{D}_2\text{O} \longrightarrow$
 (C) $\text{CH}_3\text{MgBr} + \text{D}_2\text{O} \longrightarrow$
 (D) $\text{CH}_3\text{CO-R} + \text{D}_2\text{O} \longrightarrow$
 (E) $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{D}_2/\text{Pt} \longrightarrow$

2.2.3 Eigenschaften und Reaktionen von Wasserstoff

1308⁺ Welche Aussage über Wasserstoff trifft **nicht** zu?

- (A) Vom Wasserstoff lassen sich zwei Ionenarten ableiten.
 (B) Wasserstoff kann die Oxidationszahl -1 , 0 , $+1$ besitzen.
 (C) Wasserstoff kann aus Wasser durch anodische Oxidation gewonnen werden.
 (D) In H_2S , H_2O , HI , HNO_3 und H_2SO_4 ist der Wasserstoff jeweils durch eine Atombindung an ein anderes Element gebunden.
 (E) Vom Wasserstoff sind drei Isotope bekannt.

1309 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 ${}^3\text{H}$ 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

1310 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.

1311 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

1312 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 Nucleonen parallelen Spin.
 (D) Im Parawasserstoff besitzen die Nucleonen parallelen Spin.
 (E) Keine der Aussagen (A) bis (D) trifft zu

Reaktionen

1313* 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 .

1314 Welche Aussage trifft zu?

Unter Knallgas versteht man ein Gemisch aus:

- (A) CO und CO_2
- (B) N_2 und O_2
- (C) CO und H_2
- (D) H_2 und O_2
- (E) Cl_2 und O_2

2.2.4 Wasserstoffverbindungen (Hydride)

1315 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.

1316 In welcher Reihenfolge nimmt die thermische Beständigkeit der angegebenen Hydride zu?

- (A) $NH_3 < PH_3 < AsH_3 < SbH_3 < BiH_3$
- (B) $PH_3 < NH_3 < BiH_3 < SbH_3 < AsH_3$
- (C) $BiH_3 < SbH_3 < AsH_3 < PH_3 < NH_3$

- (D) $NH_3 < PH_3 < SbH_3 < AsH_3 < BiH_3$
- (E) $BiH_3 < AsH_3 < SbH_3 < NH_3 < PH_3$

1317* 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

1318 In welcher der aufgeführten Wasserstoffverbindungen ist der Wasserstoff elektropositiver als sein Bindungspartner?

- (A) H_3BO_3
- (B) CH_4
- (C) H_2S
- (D) N_2H_4
- (E) CaH_2

1319* In welcher der aufgeführten Wasserstoffverbindungen ist der Wasserstoff elektropositiver als sein Bindungspartner?

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

1320* In welcher der aufgeführten Wasserstoffverbindungen ist der Wasserstoff elektropositiver als sein Bindungspartner?

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

1321 In welcher der aufgeführten Wasserstoffverbindungen ist der Wasserstoff elektropositiver als sein Bindungspartner?

- (1) H_3BO_3
- (2) CH_4

2.13 Prüfungen Herbst 2010

In diesem Abschnitt sind auch Fragen der Physikprüfung und der Analytikprüfung vom Herbst 2010, sofern sie Themen der allgemeinen und anorganischen Chemie betreffen, mit aufgelistet.

Allgemeine Chemie

1864* In der medizinischen Diagnostik werden ^{18}F -markierte Verbindungen zur Positronen-Emissions-Tomographie (PET) verwendet.

Welche Aussage trifft zu?

Aus ^{18}F entsteht durch β^+ -Emission:

- (A) ^{18}O
- (B) ^{19}F
- (C) ^{17}F
- (D) ^{14}N
- (E) ^{16}O

1863 Welches der folgenden radioaktiven Isotope sendet Positronen aus?

- (A) ^{131}I
- (B) $^{99\text{m}}\text{Tc}$
- (C) ^{18}F
- (D) ^{137}Cs
- (E) ^{60}Co

1864 Mit welchen Messinstrumenten kann radioaktive Strahlung nachgewiesen werden?

- (1) Halbleiterzähler
- (2) Dosimeter

- (3) Zählrohr (Geiger-Müller-Zählrohr)
- (4) Atomabsorptionsspektrometer
- (A) nur 1 ist richtig
- (B) nur 1 und 3 sind richtig
- (C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
- (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
- (E) 1–4 = alle sind richtig

1865 Welche Bezeichnung steht **nicht** für eine Hauptgruppe des Periodensystems?

- (A) Alkalimetalle
- (B) Kohlenstoffgruppe
- (C) Halogenide
- (D) Chalkogene
- (E) Edelgase

Ordnen Sie bitte den Elementen aus Liste 1 die jeweils entsprechende Elektronenkonfiguration aus Liste 2 zu!

Liste 1

- 1866** P
- 1867** Si

Liste 2

- (A) $[\text{Ne}] 3s^2 3p^2$
- (B) $[\text{Ne}] 3s^2 3p^3$
- (C) $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$
- (D) $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^2$
- (E) $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^4$

1868 Welche Aussage zur 1. Ionisierungsenergie trifft zu?

- (A) Sie ist innerhalb einer Periode beim Alkalielement kleiner als beim Halogen.
- (B) Sie nimmt innerhalb einer Hauptgruppe von oben nach unten zu.

- (C) Beim gleichen Element ist sie für innere Schalen kleiner als für äußere.
 (D) Für Kohlenstoff beträgt die Ionisierungsenergie bei mehrfacher Ionisierung ein ganzzahliges Vielfaches der 1. Ionisierungsenergie.
 (E) Die Elektronenaffinität eines Atoms ist der Kehrwert der 1. Ionisierungsenergie.

1869 Welches der folgenden mehrfach gebundenen Atome besitzt ein einsames Elektronenpaar?

- (A) BF_3
 (B) AlBr_3
 (C) PCl_5
 (D) SiCl_4
 (E) PCl_3

1870 Welche Aussage trifft zu? Der diradikalische Charakter des Sauerstoffmoleküls ist erklärbar durch:

- (A) das Pauli-Prinzip
 (B) die Arrhenius-Gleichung
 (C) den Kirchhoffschen Satz
 (D) die Hundsche Regel
 (E) die Braggsche Gleichung

1871 Welche der folgenden Verbindungen sind Chelatkomplexe?

- (1) Rotes Blutlaugensalz
 (2) Hämin
 (3) Berliner Blau
 (4) Chlorophyll
 (5) Nitroprussidnatrium

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

1872 Welche Aussage über Metalle und ihre Bindung trifft **nicht** zu?

- (A) Metalle liegen meist in Form von dichtesten Kugelpackungen vor.
 (B) Die metallische Bindung ist ungerichtet.
 (C) Fein verteilte Metalle erscheinen – bis auf wenige Ausnahmen – schwarz.

- (D) Metalle zeigen bei Temperaturerhöhung eine Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit.
 (E) Metalle sind verformbar.

1873 Welche der folgenden Verbindungen bildet, jeweils bezogen auf die einzelnen Wasserstoffbrücken, die stärksten intermolekularen Wasserstoffbrückenbindungen aus?

- (A) Wasser
 (B) Ammoniak
 (C) Fluorwasserstoff
 (D) Schwefelwasserstoff
 (E) Iodwasserstoff

1874 Welche Aussage trifft **nicht** zu? Eine Phase ist aus thermodynamischer Sicht:

- (A) physikalisch homogen
 (B) chemisch homogen
 (C) immer ein reiner Stoff
 (D) fest oder flüssig oder gasförmig
 (E) von einheitlichem chemischen Potential

1875 Welche der folgenden Gleichungen gibt die Temperaturabhängigkeit des Dampfdrucks p_D über einer Flüssigkeit zutreffend wieder? (Die Verdampfungsenthalpie ΔH soll als konstant angenommen werden.)

- (A) $p_D \sim T$
 (B) $p_D \sim \frac{1}{T}$
 (C) $\ln p_D \sim T$
 (D) $\ln p_D \sim -\frac{1}{T}$
 (E) $e^{p_D} \sim \sqrt{T}$

1876 Welche Aussage trifft zu? Unter Solvatation versteht man:

- (A) den Phasenübergang von gasförmig nach flüssig
 (B) den Phasenübergang von fest nach gasförmig
 (C) den Lösungsvorgang von Gasen in Flüssigkeiten
 (D) den Trocknungsvorgang
 (E) Keine der obigen Aussagen trifft zu.

1877 Welche Eigenschaft des Wassers hat für seine Lösefähigkeit gegenüber Salzen die größte Bedeutung?

- (A) Autoprotolyse
 (B) protischer Charakter
 (C) amphoterer Charakter
 (D) Dipolcharakter
 (E) Fähigkeit zur Ausbildung von H-Brücken

1878 Wovon hängt nach dem Raoult'schen Gesetz die Dampfdruckerniedrigung über einer Lösung (bezogen auf den Dampfdruck des reinen Lösungsmittels) ab?

- (1) Stoffmenge des gelösten Stoffes
 (2) Dichte des Lösungsmittels
 (3) Verdampfungsenthalpie des Lösungsmittels
 (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 3 ist richtig
 (D) nur 1 und 3 sind richtig
 (E) 1–3 = alle sind richtig

1879 Man unterscheidet offene, geschlossene und abgeschlossene (isolierte) thermodynamische Systeme.

Welche Aussage trifft für ein geschlossenes System zu?

- (A) Ein Austausch von Energie und Materie mit der Umgebung ist möglich.
 (B) Es ist nur ein Austausch von Materie mit der Umgebung möglich.
 (C) Es ist nur ein Austausch von Energie mit der Umgebung möglich.
 (D) Das Volumen eines geschlossenen Systems ist stets konstant.
 (E) Die Stoffmenge in einem geschlossenen System ist **nicht** konstant.

1880 Für eine chemische Reaktion sind die Werte folgender Zustandsgrößen bekannt: $\Delta G = -90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ und $\Delta H = -100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Welche Aussage über diese Reaktion trifft zu?

- (A) Sie läuft **nicht** freiwillig ab.
 (B) Die Aktivierungsenthalpie beträgt $10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
 (C) Die Entropieänderung ist negativ.
 (D) Sie verläuft endotherm.
 (E) Keine der obigen Aussagen trifft zu.

1881 Welche der folgenden Salze ergeben in wässriger Lösung ($c = 1 \text{ mol/l}$) einen pH-Wert kleiner 6?

- (1) Natriumsulfat
 (2) Natriumdihydrogenphosphat
 (3) Aluminiumchlorid
 (4) Natriumacetat
 (5) Natriumhydrogencarbonat

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

1882 Welche der folgenden Verbindungen zählen zu den polar aprotischen Lösungsmitteln?

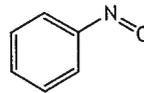
- (1) *N,N*-Dimethylformamid
 (2) Essigsäure
 (3) Ammoniak
 (4) Ethylenglycol
 (5) Dimethylsulfoxid

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

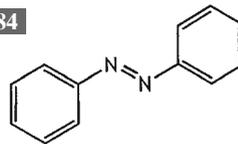
Ordnen Sie bitte den Stickstoffatomen der Verbindungen aus Liste 1 die jeweils zutreffende Oxidationszahl aus Liste 2 zu!

Liste 1

1883



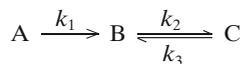
1884



Liste 2

- (A) -2
 (B) -1
 (C) 0
 (D) +1
 (E) +2

1885 Ein Stoff C bilde sich nach folgendem Schema aus A über die Zwischenstufe B:

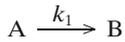


Welche Gleichung beschreibt die zeitliche Änderung der Konzentration von B zutreffend?

- (A) $\frac{dc_B}{dt} = k_1 \cdot c_A$

- (B) $\frac{dc_B}{dt} = k_1 \cdot c_A \cdot c_B$
 (C) $\frac{dc_B}{dt} = k_1 \cdot c_A + k_1 \cdot c_B$
 (D) $\frac{dc_B}{dt} = k_1 \cdot c_A - k_2 \cdot c_B + k_3 \cdot c_C$
 (E) $\frac{dc_B}{dt} = k_1 \cdot c_A + \frac{k_2}{k_3} \cdot c_C$

1886 Gegeben sei die irreversible Reaktion 1. Ordnung



Welche Einheit hat die Geschwindigkeitskonstante k_1 ?

- (A) $\left[\frac{1}{s} \right]$
 (B) $\left[\frac{1}{\text{mol} \cdot s} \right]$
 (C) $\left[\frac{s}{\text{mol}} \right]$
 (D) [s]
 (E) [mol · s]

Anorganische Chemie

1887 Welche der folgenden Elemente bzw. Verbindungen wird technisch aus Luft gewonnen?

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

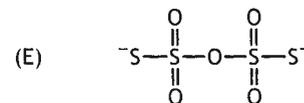
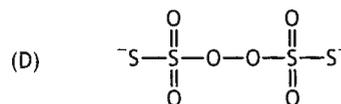
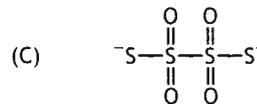
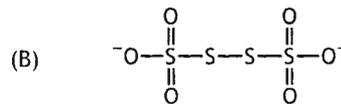
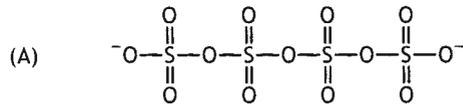
1888 Bei welchen der folgenden Verbindungen beobachtet man beim Einbringen in Wasser eine heftige Gasentwicklung?

- (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) 1–4 = alle sind richtig

1889 Welche Aussage über die Wasserstoffverbindungen der Elemente Fluor, Chlor, Brom und Iod trifft **nicht** zu?

- (A) Fluorwasserstoff besitzt einen niedrigeren Siedepunkt als HCl, HBr und HI.
 (B) Iodwasserstoff ist unter diesen Verbindungen die stärkste Brönsted-Säure.
 (C) HCl lässt sich im Labor aus Natriumchlorid und konzentrierter Schwefelsäure darstellen.
 (D) Bromwasserstoff bildet mit Wasser ein azeotropes Gemisch.
 (E) HCl besitzt im Vergleich mit HF eine geringere Tendenz zur Bildung von Wasserstoffbrücken.

1890 Bei welchem der nachfolgend aufgeführten Anionen handelt es sich um Tetrathionat?



1891 Welche der folgenden Elemente stehen in derselben Gruppe des Periodensystems wie Stickstoff?

- (1) Bor
 (2) Phosphor

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

1892+ Welche Aussagen treffen zu?
 Zur Gewinnung von Stickstoff eignet sich die

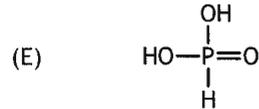
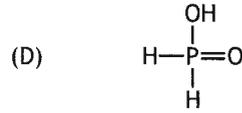
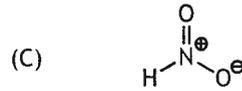
- (1) fraktionierte Destillation von verflüssigter Luft
 (2) Hydrolyse von Nitriden wie Mg_3N_2
 (3) thermische Zersetzung von Aziden wie NaN_3
 (4) Erhitzen von Ammoniumnitrit
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 2 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) nur 1, 3 und 4 sind richtig

1893 Welche Aussagen über Hydrazin treffen zu?

- (1) Hydrazin ist basischer als Ammoniak.
 (2) Bei der Verbrennung von Hydrazin mit Sauerstoff bilden sich Stickstoff und Wasser.
 (3) Bei hohen Temperaturen zerfällt Hydrazin zu Ammoniak und Stickstoff.
 (4) Hydrazin reagiert mit Halogenen unter Bildung von Stickstoff und Halogenwasserstoff.
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 3 ist richtig
 (C) nur 1 und 2 sind richtig
 (D) nur 3 und 4 sind richtig
 (E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

1894 Bei welcher der abgebildeten Verbindungen ist **nicht** die bevorzugte tautomere Form dargestellt?

- (A) $H-C \equiv N$
- (B) $H_3C-C(=O)-CH_3$



1895+ Welche Aussage über Oxide des Stickstoffs trifft zu?

- (A) NO wird auch als Lachgas bezeichnet.
 (B) NO_2 ist das Anhydrid der Salpetrigen Säure.
 (C) NO_2 entsteht direkt durch Reduktion von verdünnter HNO_3 mit Kupfer.
 (D) N_2O ist ein farbloses, diamagnetisches Gas.
 (E) N_2O reagiert bereits bei Raumtemperatur heftig mit Luftsauerstoff.

1896 Welche der folgenden Stoffe zeigen Polymorphie?

- (1) Phosphor
 (2) Zinn
 (3) Calciumcarbonat
 (4) Siliciumdioxid
- (A) nur 1 ist richtig
 (B) nur 1 und 2 sind richtig
 (C) nur 3 und 4 sind richtig
 (D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
 (E) 1–4 = alle sind richtig

1897 Welche Aussagen über Antimon und seine Verbindungen treffen zu?

- (1) Das chemische Symbol für Antimon ist At.
 (2) Antimon ist ein Nebengruppenelement.
 (3) In Antimonsäure hat Antimon die Oxidationsstufe +5.
 (4) Diantimontrisulfid existiert in einer orangefarbenen Modifikation.

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

1898 Welche Aussage über Kohlenstoff trifft zu?

- (A) Kohlenstoff kommt nur in zwei Modifikationen vor.
- (B) Der Zerfall des Isotops ^{13}C wird zur Altersbestimmung von biologischem Material benutzt.
- (C) Diamant ist thermodynamisch stabiler als Graphit.
- (D) Die große Härte von Diamant ist auf dessen hohe Gitterenergie zurückzuführen.
- (E) Das Isotop ^{14}C eignet sich zum NMR-spektroskopischen Nachweis.

1899 Welche Aussage über Silicium und seine Verbindungen trifft **nicht** zu?

- (A) Von Silicium sind in der Natur **keine** elementaren Vorkommen bekannt.
- (B) Silicium ist nach Sauerstoff das häufigste Element in der Erdrinde.
- (C) Silicium kann technisch durch Reduktion seines Dioxids mit Kohlenstoff hergestellt werden.
- (D) Silicium reagiert mit Halogenen zu Siliciumtetrahalogeniden.
- (E) Siliciumtetrachlorid ist wie Tetrachlormethan gegen Wasser beständig.

1900 Welche Aussagen über Blei und seine Verbindungen treffen zu?

- (1) Blei kann aus PbO durch Reduktion mit CO gewonnen werden.
 - (2) Blei wird bei Anwesenheit von Luftsauerstoff und Wasser langsam in Blei(II)-Verbindungen umgewandelt.
 - (3) Pb_3O_4 enthält Blei der Oxidationszahlen +2 und +4.
 - (4) PbO_2 besitzt stark oxidierende Eigenschaften.
- (A) nur 1 ist richtig
 - (B) nur 2 ist richtig
 - (C) nur 1, 2 und 4 sind richtig

- (D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
- (E) 1–4 = alle sind richtig

1901 Welche der folgenden Reaktionen mit Bortrifluorid läuft **nicht** in der dargestellten Weise ab?

- (A) $\text{BF}_3 + \text{NaF} \longrightarrow \text{NaBF}_4$
- (B) $\text{BF}_3 + \text{H}_5\text{C}_2\text{-O-C}_2\text{H}_5 \longrightarrow \text{BF}_3\text{-O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$
- (C) $4 \text{BF}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{B}(\text{OH})_3 + 3 \text{HBF}_4$
- (D) $\text{BF}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{BH}_3 + \text{HO}_2\text{F} + \text{F}_2$
- (E) $2 \text{BF}_3 + 6 \text{NaH} \xrightarrow{\Delta} (\text{BH}_3)_2 + 6 \text{NaF}$

1902 Welche Aussage trifft **nicht** zu? Nebengruppenelemente

- (A) einer Periode füllen mit steigender Ordnungszahl vorzugsweise innere Elektronenschalen auf
- (B) kommen oft in mehreren Oxidationsstufen vor
- (C) bilden nur farbige Verbindungen
- (D) bilden oft Komplexverbindungen
- (E) sind gute elektrische Leiter

1903 Welche Aussage über die Elemente der ersten Nebengruppe trifft zu?

- (A) Die vorherrschende Koordinationszahl der Element(I)-Komplexe ist 4.
- (B) Die Anordnung der Liganden in den Element(I)-Komplexen ist gewinkelt.
- (C) Ihre stabilste Oxidationsstufe ist immer +1.
- (D) Die Metalle lösen sich – bei Luftzutritt – in wässriger Cyanid-Lösung auf.
- (E) Ihre Salze sind stets farbig.

1904* Welche der folgenden Silberverbindungen liefert in gesättigter wässriger Lösung die geringste Konzentration an Ag^+ -Ionen?

- (A) $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \text{K}^+$
- (B) AgBr
- (C) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \text{NO}_3^-$
- (D) AgI
- (E) Ag_2S

1905 Welches der folgenden Elemente gehört **nicht** zu den Platinmetallen?

- (A) Osmium
- (B) Palladium
- (C) Gold
- (D) Ruthenium
- (E) Rhodium

Außer den Fragen Nr. 1862–1905 waren noch folgende Aufgaben aus voran stehenden Abschnitten Bestandteil der **Prüfungen vom Herbst 2010**: Nr. 107 – 159 – 323 – 429 – 549 – 565 – 795 – 817 – 938 – 970 – 1045 – 1087 – 1112 – 1113 – 1262 – 1424 – 1446 – 1479 – 1704 – 1763 – 1783 – 1819 – 1844

Kommentare

Nutzerhinweis: Die Fragen werden fortlaufend kommentiert, wobei ähnliche Fragen zusammenfassend beantwortet werden. Weitere Fragen mit analogem oder identischem Inhalt, die in anderen, späteren Abschnitten aufgelistet sind, sind heller unterlegt.

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 werden.



■ 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. Daher 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).



■ Die **Stoffmenge** (n) bezieht sich nur auf die Teilchenzahl. Ihre Basiseinheit heißt **Mol**. **1 Mol** eines Stoffes enthält stets $6,02205 \cdot 10^{23}$ Teilchen (Atome, Ionen, Moleküle, Radikale). Diese Zahl wird auch *Avogadro-Zahl* (N_A) genannt.

■ 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 Druck (p) und 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** (Molmasse) 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 *nicht* ihrem Massenverhältnis.

1.1 Atombau

1.1.1 Aufbau der Atome

2 (B)	3 (A)	4 (C)	5 (B)	6 (C)	9 (C)	12 (A)
13 (E)	14 (D)	202 (E)	203 (E)			

■ **Atomkerne** enthalten **Protonen** (p^+) und **Neutronen** (n), die auch als **Nucleonen** bezeichnet werden. 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*.

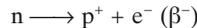
■ Die Masse der Atomkerne stimmt nahezu mit der gesamten **Atommasse** überein. Die Summe aus der Zahl der Neutronen und Protonen wird **Massenzahl** genannt. Die Massenzahl steht links oben am Elementsymbol, während links unten am Elementsymbol die **Protonenzahl** aufgeführt ist. Der Kern des Heliumatoms (^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 Nuclide).

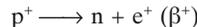
■ Die **Atomhülle** besteht aus **Elektronen** (e^-) und ist stets *negativ geladen*. In einem elektrisch neutralen Atom sind ebenso viele Protonen wie Elektronen vorhanden.

7 (D)	8 (D)	13 (E)	29 (C)	30 (C)	31 (A)	32 (E)
33 (D)	34 (C)					

■ Ein **Neutron** hat eine etwas größere Masse ($m_n = 1,6748 \cdot 10^{-24}$ g) als ein Proton ($m_p = 1,6725 \cdot 10^{-24}$ g) und kann unter Emission eines **Elektrons** (**β^- -Strahlen**) in ein Proton umgewandelt werden.



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



■ Der **Radius** eines **Atoms** – bestehend aus Atomkern und Elektronenhülle – liegt in der Größenordnung von **$A_r = 10^{-10}$ m** ($= 10^{-8}$ cm = 0,1 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 ($m_p = 1,6727 \cdot 10^{-24}$ g) und der Masse von 1 Mol Elektronen ($m_e = 0,9117 \cdot 10^{-27}$ g).

9 (C)

■ **Protonen** sind positiv geladene Kernbausteine (**Nucleonen**). Der Kern des Wasserstoffatoms (^1_1H) besteht aus nur einem Proton. Die Zahl der Protonen definiert die Elementzugehörigkeit einer Kernart.

■ In einem elektrischen Feld werden Protonen *in Richtung* des Feldes beschleunigt. In einem Magnetfeld (der Flussdichte B) erfahren bewegte Protonen eine (Lorentz)kraft, die *senkrecht* auf den magnetischen Feldlinien und dem Geschwindigkeitsvektor steht.

Beschleunigte Protonen werden in der Medizin im Rahmen einer *Protonentherapie* zur Behandlung von Tumorgewebe eingesetzt.

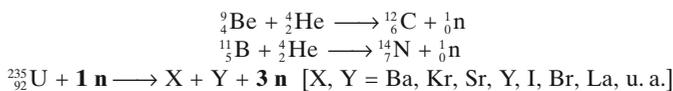
10 (D) 11 (D) 12 (A) 13 (E) 14 (D) 115 (E) 117 (D)

■ **Neutronen** (n) sind elektrisch neutrale (ungeladene) Elementarteilchen und werden demzufolge in einem elektrischen Feld *nicht* abgelenkt oder beschleunigt.

■ Neutronen sind geringfügig schwerer als Protonen. Näherungsweise kann man aber die Masse von Protonen ($m_p = 1,007276$ u) und Neutronen ($m_n = 1,008665$ u) als gleich betrachten (u = relative Atommasseeinheit).

■ Neutronen sind gut geeignet zur Einleitung von *Kernreaktionen* und der Herstellung neuer (radioaktiver) Nuclide, da sie bei Kernreaktionen von Protonen *nicht* abgestoßen werden.

■ *Freie Neutronen* entstehen in Kernspaltungsreaktoren beim Bestrahlen leichterer Elemente (Beryllium, Bor) mit α -Strahlen (Heliumkernen) sowie bei der künstlichen Spaltung des Uranisotops ^{235}U :

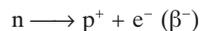


■ *Isotope Nuclide* sind Kerne des gleichen Elements; sie enthalten die gleiche Anzahl an Protonen aber eine unterschiedliche Zahl an Neutronen.

15 (E) 16 (B)

■ **Elektronen** sind negativ geladene Elementarteilchen; sie bauen die Atomhülle auf. *Freie* Elektronen stoßen sich aufgrund ihrer negativen Ladung gegenseitig ab (gleichnamige Ladungen stoßen sich ab).

■ Elektronen entstehen beim radioaktiven **β^- -Zerfall**, indem im Atomkern ein Neutron in ein Proton umgewandelt 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** ($0,000549$ u = $0,9117 \cdot 10^{-27}$ g) ist etwa 1836mal kleiner als die Masse eines Protons ($1,007276$ u). Aufgrund ihrer Ladung und ihrer Masse werden Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern beschleunigt (abgelenkt).

17 (C) 18 (C) 19 (C) 20 (E) 21 (C) 22 (C) 23 (D)

24 (C) 25 (B) 26 (B) 27 (A) 135 (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** ($F = 96487$ Coulomb) und **Avogadro-Konstante** ($N_A = 6,02205 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$):

$$e = F/N_A = \mathbf{1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}} \quad (\text{Amperesekunde} = \text{Coulomb})$$

■ 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:

$$1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{V} \text{ (Joule)}$$

28 (D)

- Die Elektronen (negativ geladene Atomhülle) nehmen fast das gesamte **Volumen** eines **Atoms** ein, das in der Größenordnung von 10^{-29} m^3 liegt.

29 (C) 30 (C) 31 (A)

- Der **Radius** eines (leichteren) **Atoms** beträgt etwa 10^{-10} m ($= 10^{-8} \text{ cm} = 0,1 \text{ nm}$).

31 (A) 32 (E) 33 (D) 34 (C) 35 (A) 36 (E) 37 (B)
38 (B) 39 (B) 54 (D)

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

- Da die Verwendung der Einheit „Gramm“ sehr kleine Zahlenwerte für die Atommasse ergibt, hat man die **relative Atommasseneinheit (u)** eingeführt. Sie ist definiert als das Vielfache des zwölften Teils der Masse des Kohlenstoffisotops ^{12}C

$$\begin{aligned} 1 \text{ u} &= 1/12 \text{ der Masse des } ^{12}_6\text{C-Nuclids} \\ &= 1\text{g}/\text{Avogadro-Konstante } N_A = 1\text{g}/6,02205 \cdot 10^{23} \\ &= \mathbf{1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g}} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

- Die relative Masse eines bestimmten Atoms oder Teilchens ist dann das Vielfache des zwölften Teils der Masse des Kohlenstoffnuclids $^{12}_6\text{C}$ bzw. das Vielfache der Atommasseneinheit (u).

- Daraus folgt 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*: $m_{p^+} = 1,00726 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = \mathbf{1,6727 \cdot 10^{-24} \text{ g}}$
 - *Neutron*: $m_n = 1,008665 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = \mathbf{1,6750 \cdot 10^{-24} \text{ g}}$
 - *Kohlenstoff*: $m_C = 12,00112 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = \mathbf{1,9929 \cdot 10^{-23} \text{ g}}$
 - *Uranisotop* (^{235}U): $m_{\text{U}235} = 235 \text{ u} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-24} \text{ g} = \mathbf{3,902 \cdot 10^{-25} \text{ kg}}$

40 (A) 41 (A) 42 (C) 43 (B) 44 (B)

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

- Die Summe aus der Kernladungszahl und der Anzahl Neutronen wird (relative) **Massenzahl** 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 links unten an das Elementsymbol geschrieben.

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

45 (C) 46 (D)

■ Die Angabe ${}^6_6\text{C}$ zeigt, dass dieses Element:

- ein Kohlenstoffisotop ist
- in seinem Kern 6 Protonen und 8 Neutronen enthalten sind und seine Atomhülle aus 6 Elektronen besteht

47 (A) 48 (C) 53 (C) 54 (D)

■ Grundsätzlich gilt, dass in den Mengen verschiedener Elemente (Moleküle), die zahlenmäßig der **Atommasse (Molekülmasse)** in *Gramm* entsprechen, immer die gleiche Anzahl von Atomen (Molekülen) enthalten sind. Diese Zahl wird **Avogadro-Zahl** (N_A) [früher auch *Loschmidt'sche Zahl*] genannt. Ihr Zahlwert beträgt:

$$N_A = 6,002205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

■ Die Avogadro-Zahl ist *unabhängig* von der jeweiligen Substanz, der Temperatur sowie dem Druck und dem Volumen. Die Avogadro-Zahl ergibt sich als Quotient aus der Faraday-Konstanten (F) und der Elementarladung (e): $N_A = F/e$

■ Die **Stoffmenge** (n), die aus $6 \cdot 10^{23}$ Teilchen (Atome, Ionen, Moleküle) besteht, wird als **1 Mol** bezeichnet. Das Mol ist eine SI-Basiseinheit (Symbol: **mol**).

■ **1 Mol** eines *idealen Gases* besteht unabhängig seiner chemischen Zusammensetzung aus $6,02205 \cdot 10^{23}$ Gasparkeln [Atome (He) oder Moleküle (H_2 , Cl_2 , CO , NO_2)] und besitzt bei 0°C und 1013 mbar Druck ein Volumen von **22,414 Liter (Molvolumen)**.

49 (B) 50 (C) 51 (B) 52 (A)

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

■ Die Avogadro-Zahl ist gleich der Zahl der Heliumatome (He) in einem Mol Helium bzw. der Zahl der C-Atome in 12 g (1 Mol) reinem Kohlenstoff.

■ 11,2 l Wasserdampf enthalten $1/2$ Mol H_2O -Moleküle. Entsprechend der Reaktionsgleichung $[1 \text{ H}_2 + 1/2 \text{ O}_2 \longrightarrow 1 \text{ H}_2\text{O}]$ sind – quantitativer Stoffumsatz vorausgesetzt – dafür **1 g** ($1/2$ Mol) **H_2 -Moleküle** erforderlich.

■ 1 Mol *Benzol* (C_6H_6 ; $M_r \approx 78$) und 1 Mol *Wasser* (H_2O ; $M_r \approx 18$) enthalten die *gleiche Anzahl von Molekülen*. Die Gewichte und die Zahl der Atome sind aufgrund der Zusammensetzung beider Stoffe unterschiedlich.

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

53 (C) 54 (D)

■ Der Begriff **Stoffmenge** bezieht sich auf die Teilchenzahl, nicht auf die Teilchenart (Atome, Ionen, Moleküle, Radikale). Stoffmengenangaben erfordern die Spezifizierung des Stoffes.

■ Das Symbol der Stoffmenge ist **n** , ihre SI-Basiseinheit ist das **Mol**. Die Teilchenzahl pro Mol wird als **Avogadro-Konstante** ($N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) bezeichnet.

■ Die *atomare Masseneinheit* (**u**) entspricht dem Quotienten aus der Masse (1 g/mol) und der Avogadro-Zahl ($N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$).

■ Das Volumen eines *idealen Gases* beträgt bei 0 °C und 1013 mbar Druck **22,4l** (*Molvolumen*). Bei Gasen kann die Stoffmenge aus der idealen Gasgleichung berechnet werden:

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

Hierin bedeuten: n = Stoffmenge; p = Gasdruck; V = Gasvolumen; R = allgemeine Gaskonstante; T = absolute Temperatur in Kelvin

■ Die *Masse* (m) einer Stoffportion errechnet sich aus der Stoffmenge (n) und der *molaren Masse* (M) des betreffenden Stoffes zu: **m = n · M**

1.1.2 Isotope

55 (E)	56 (D)	57 (C)	58 (B)	59 (E)	60 (E)	61 (A)
62 (B)	63 (B)	64 (B)	65 (D)	66 (E)	67 (C)	68 (E)
69 (A)	70 (C)	71 (A)	72 (E)	73 (E)	74 (C)	75 (A)

■ **Chemisches Element** ist die Bezeichnung für alle Atomarten mit der gleichen Protonenzahl (Kernladungszahl – Ordnungszahl). Sie werden durch ein *Elementsymbol* gekennzeichnet. Elemente sind chemisch homogene Stoffe, zu deren weiteren Aufspaltung chemische Methoden ungeeignet sind.

■ **Isotope** sind Atome gleicher Kernladung aber verschiedener Masse.

■ Verschiedene Isotope eines Elements haben

- die gleiche Kernladungszahl (gleiche Protonenzahl)
- die gleiche Elektronenzahl (gleiche Struktur der Elektronenhülle)
- eine unterschiedliche Neutronenzahl
- eine unterschiedliche Nucleonenzahl
- eine unterschiedliche Massenzahl
- die gleiche Ordnungszahl (stehen an derselben Stelle im Periodensystem)
- die gleichen chemischen Eigenschaften (reagieren gleichartig)
- unterschiedliche kernphysikalische Eigenschaften.

■ In der Natur treten Elemente im Allgemeinen als Gemische verschiedener Isotope auf und werden **Mischelemente** genannt. *Natürliche Elemente*, die nur aus einem *einzigem* Nuclid bestehen, bezeichnet man als **Reinelemente** (*Fluor – Natrium – Aluminium – Phosphor – Arsen – Mangan – Gold – Kobalt – Bismut – Iod*).

■ Neben den *natürlichen Isotopen* kann man Isotope auch durch Kernreaktionen *künstlich* erzeugen. Isotope können *radioaktiv zerfallen*, d. h. sie besitzen instabile Atomkerne.

■ **Isobare** sind Atomarten gleicher Massenzahl (Nucleonenzahl) aber unterschiedlicher Kernladungszahl (Protonenzahl). Bei Isobaren handelt es sich um unterschiedliche Elemente mit unterschiedlicher Zahl und Anordnung der Elektronen, die sich demzufolge aufgrund unterschiedlicher Reaktivitäten auf chemischem Wege voneinander trennen lassen.

76 (E) 77 (D)

■ Das **Chlorisotop** $^{35}_{17}\text{Cl}$ besteht aus mit **17** Protonen, **18** (35–17) Neutronen, während das Isotop $^{37}_{17}\text{Cl}$ **20** (37–17) Neutronen enthält.

78 (B)

Die Kernarten ^{14}C und ^{14}N haben nahezu die gleiche Masse (Massenzahl), reagieren als unterschiedliche Elemente jedoch chemisch *nicht* gleichartig.

79 (B) 80 (C) 81 (C) 82 (E) 83 (C) 84 (C) 98 (C)
 99 (A) 157 (E) 158 (E) 159 (B) 356 (D)

■ Natürlicher **Kohlenstoff** ist ein Mischelement und besteht zu 98,9 % aus ^{12}C , zu 1,1 % aus ^{13}C und enthält Spuren des Isotops ^{14}C .

■ Während die Isotope ^{12}C und ^{13}C stabil sind, ist das Isotop ^{14}C instabil (radioaktiv) und zerfällt mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren unter **β^- -Emission**:



Auf dem Zerfall des ^{14}C -Isotops beruht eine Methode zur *Altersbestimmung* in organischem Material (fossilen Funden) [**Radiocarbonmethode**].

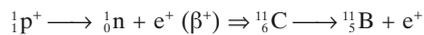
■ Das Isotop ^{14}C entsteht in den oberen Schichten der Erdatmosphäre aus ^{14}N durch Neutronenaufnahme und Emission eines Protons (p).



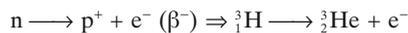
■ Das neutrale ^{14}C -Isotop enthält **6** Protonen, **8** Neutronen und **6** Elektronen. Als Element der 4.Hauptgruppe des Periodensystems besitzt ein Kohlenstoffatom **4** Valenzelektronen. Die *Elektronenkonfiguration* lautet: $1s^2 2s^2 2p^2$

■ Von den Kohlenstoffisotopen ist ^{13}C NMR-aktiv (Kernspinquantenzahl: $1/2$) [**^{13}C -NMR-Spektroskopie**], während das Isotop ^{12}C NMR-inaktiv ist (Kernspinquantenzahl: 0).

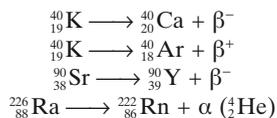
■ Das künstliche (synthetische) Isotop ^{11}C ist ein *Positronenstrahler* (e^+), in dem sich während des Zerfalls im Kern ein Proton in ein Neutron umwandelt; mit einer Halbwertszeit von ca. 20 min entsteht ein Borisotop.



■ Von den **Wasserstoffisotopen** sind *Wasserstoff* (${}^1_1\text{H}$) und *Deuterium* (${}^2_1\text{H} \equiv \text{D}$) stabil, während *Tritium* (${}^3_1\text{H} \equiv \text{T}$) mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren unter β^- -Emission zerfällt:



■ Für die anderen genannten radioaktiven Nuclide ergeben sich folgende Zerfallsreaktionen:



1.1.3 Radioaktiver Zerfall

85 (B) 86 (C)

■ Manche Atomkerne sind instabil; sie wandeln sich unter Aussendung charakteristischer Strahlen in energieärmere (stabile) Atomkerne (Nuclide) um. Dieses Phänomen wird **Radioaktivität** genannt. *Radioaktivität ist somit eine Eigenschaft des Atomkerns.*

■ Auch radioaktive Nuclide besitzen eine wohl definierte Nucleonenzahl und enthalten somit eine definierte Zahl an Protonen und Neutronen.

■ Radioaktive Nuclide können gewonnen werden

- in Kernreaktoren beim Bestrahlen stabiler Nuclide mit Elementarteilchen wie Neutronen, Protonen oder Heliumkernen (α -Strahlen)
- als Folgeprodukt bei der Kernspaltung von Uran oder anderen schweren Elementen
- als Folgeprodukt (Tochterisotope) eines radioaktiven α - oder β -Zerfalls.

86 (C) 87 (E) 88 (D) 89 (A) 90 (E) 91 (E) 92 (C)
 93 (A) 94 (A)

■ Man unterscheidet drei Arten von **natürlicher radioaktiver Strahlung**:

- **α -Strahlen** (Heliumkerne = doppelt positiv geladene Heliumatome)

- **β^- -Strahlen** [Elektronen, die aus der Umwandlung eines Neutrons in ein Proton stammen:
 $p^+ \longrightarrow n + e^- (\beta^-)$]

- **γ -Strahlen** (eine elektromagnetische Begleitstrahlung)

■ α - und β -Strahlen sind (geladene) Korpuskularstrahlen, die *nicht* zusammen auftreten. Die Aussendung der γ -Strahlen entsteht häufig als Folge eines vorhergehenden α - oder β -Zerfalls. Die γ -Strahlung stellt hierbei den Energiebetrag dar, der beim Kernzerfall nicht als kinetische Energie für die Bewegung der α - oder β -Teilchen verbraucht wird. α - oder β -Strahlen, obwohl sie Materie weniger durchdringen, sind dennoch häufig energiereicher als die ungeladenen Photonen der Gammastrahlung.

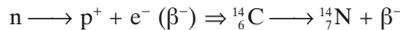
95 (B) 96 (A) 97 (B) 98 (C) 99 (A) 100 (B) 101 (E)
 102 (E) 103 (A) 104 (C) 109 (D) 1862 (A) 1863 (C)

■ **Alphastrahlen** sind Heliumkerne (${}^4_2\text{He}$), so dass sich beim α -Zerfall:

- die Massenzahl (bzw. Nucleonenzahl) um 4 verringert
- die Neutronenzahl um 2 verringert
- die Protonenzahl (bzw. Ordnungszahl) um 2 verringert.

■ **Betastrahlen** sind Elektronen (e^-), so dass sich aus der Umwandlung eines Neutrons in ein Proton beim β -Zerfall:

- die Massenzahl (bzw. Nucleonenzahl) *nicht* ändert
- die Neutronenzahl um 1 verringert
- die Protonenzahl (bzw. Ordnungszahl) um 1 erhöht



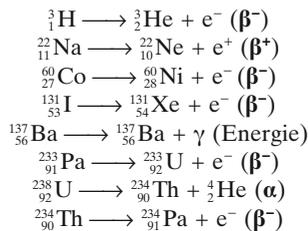
■ Bei der Emission von **Gammastrahlen** ändern sich weder die Massenzahl noch die Protonenzahl (Ordnungszahl), sodass beim γ -Zerfall keine Elementumwandlung stattfindet. Es nimmt lediglich die Gesamtenergie des Atomkerns ab.

■ Bei einem **Positronenstrahler** (β^+) wird im Kern ein Proton in ein Neutron umgewandelt [$p^+ \longrightarrow n + e^+$]. Dadurch

- ändert sich die Massenzahl (Nucleonenzahl) *nicht*
- wird die Neutronenzahl um 1 erhöht
- wird die Protonenzahl (Ordnungszahl) um 1 verringert.

105 (B) 106 (C) 107 (E) 108 (A) 109 (D) 110 (B) 111 (E)
 112 (A) 113 (B) 116 (D)

■ Radioaktive Zerfallsvorgänge sind im Allgemeinen mit einer **Elementumwandlung** verbunden, wie die nachfolgenden Beispiele belegen:



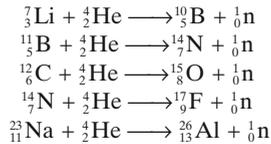
■ Bei der Erstellung solcher **kernchemischen Gleichungen** ist zu beachten, dass die Summe der Massenzahlen auf der linken Seite der Gleichung der auf der rechten Seite entspricht.

114 (D)

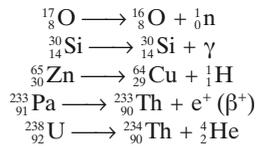
■ Metastabiles Technetium ($^{99m}\text{Tc} = \text{Technetium-99m}$) zur *Radiodiagnostik* ist ein Tochterisotop des **Molybdän-99** (^{99}Mo). Seine Herstellung erfolgt in Kernreaktoren durch Bestrahlen von Molybdän-98 (^{98}Mo) mit thermischen Neutronen. Das dabei gebildete Molybdän-99 (^{99}Mo) zerfällt mit einer Halbwertszeit von ca. 66 Stunden unter β^- -Emission zu Technetium-99m.

**115** (E)

■ **Neutronen** können in Kernreaktionen erhalten werden, wenn man leichtere Elemente mit α -Teilchen bestrahlt.

**116** (D) **1862** (A) **1863** (C)

■ Bei der gestellten Aufgabe laufen folgende Kernumwandlungen ab:

**117** (D)

■ Bestrahlt man **Uran-235** mit langsamen Neutronen, so bildet sich primär durch Neutronenaufnahme Uran-236, das aber spontan und unter großer Wärmeentwicklung in zwei Bruchstücke mit unterschiedlicher Masse (meistens um 95 und um 140) zerfällt. Bei dieser **Kernspaltung** werden gleichzeitig 2–3 Neutronen je Elementarakt freigesetzt.

**118** (A)

■ In einer *Nebelkammer* kann folgende Kernumwandlung beobachtet werden:

**119** (A) **120** (B)

■ Aus **Silber-107** entsteht durch Neutronenaktivierung mit nachfolgender β^- -Emission **Cadmium-108**.

**121** (B) **122** (E) **123** (E) **129** (E)

■ Radioaktive Strahlen (α , β , γ) und kurzwellige Röntgenstrahlen können bewirken:

- eine Anregung von Materie
- eine Ionisation von Atomen oder Molekülen
- eine Erwärmung von Materie.

■ Dagegen führen Infrarot-Strahlen lediglich zu einer Erwärmung von Stoffen bzw. lösen in Molekülen Schwingungen und Rotationen aus.

124 (C) 125 (C)

- Teilchen, die eine Ladung und Masse besitzen (wie α - und β -Strahlen) können in elektrischen und magnetischen Feldern abgelenkt (beschleunigt) werden.
- Neutrale Teilchen wie Neutronenstrahlen bzw. elektromagnetische Strahlung (γ -Strahlen, Röntgenstrahlen) werden in elektrischen oder magnetischen Feldern *nicht* abgelenkt.

126 (D) 127 (A) 128 (D) 130 (A) 131 (E) 132 (B)

- Die Fähigkeit radioaktiver Strahlen, *Materie zu durchdringen*, nimmt in folgender Reihe zu:
 α -Strahlen < β -Strahlen < γ -Strahlen
- Die *Schwärzung von photographischen Schichten (Autoradiographie)* kann zum Nachweis von α -, β - und γ -Strahlen genutzt werden. Durch die Einwirkung radioaktiver Strahlen wird aus *Silberbromid* (AgBr) elementares Silber abgeschieden.

129 (E)

- α -, β -, γ - aber auch Infrarot-Strahlen (IR-Strahlen) besitzen die Fähigkeit, Materie zu *erwärmen*.

130 (A)

- Zur **Abschirmung** von α -Strahlen genügt in der Regel ein Blatt *Papier*, während β -Strahlen erst durch eine einige Millimeter dicke *Metallfolie* (z. B. aus Al, Cu) vollständig absorbiert werden. Zur hinreichenden (nicht vollständigen) Schwächung von γ -Strahlen benötigt man eine dicke Schicht aus einem *Material hoher Dichte* (z. B. Blei). In der Praxis verwendet man häufig eine meterdicke Wasserschicht oder eine Betonmauer, um sich vor den Auswirkungen radioaktiver Strahlen zu schützen.

131 (E) 132 (B) 136 (E) 1864 (C)

- Zum **Nachweis radioaktiver Strahlen** dient ihre Fähigkeit zur:
 - **Ionisation** von Atomen und Molekülen. Dies wird bei der Messung von radioaktiver Strahlung z. B. im Geiger-Müller-Zähler, Elektroskop oder in der Wilsonschen Nebelkammer genutzt
 - **Szintillation**. Dabei wird radioaktive Strahlung von Stoffen absorbiert und anschließend wird die absorbierte Strahlung in sichtbares Licht umgewandelt. Beispielsweise leuchtet *Zinksulfid* (ZnS) bei radioaktiver Bestrahlung *grünlich* auf. In Szintillationszählern verwendet man häufig *Natriumiodid* (NaI) zur Absorption
 - **Schwärzung photographischer Platten**. Durch Einwirkung radioaktiver Strahlung wird aus dem *Silberbromid* (AgBr) des Films schwarzes, elementares Silber (Ag) abgeschieden
 - **Veränderung von organischen Molekülen**.

133 (A) 134 (A) 135 (C) 136 (E) 1864 (C)

- Als **Aktivität** radioaktiver Präparate bezeichnet man die Anzahl der Zerfallsereignisse pro Zeiteinheit.
- Die Aktivität radioaktiver Präparate wird in der SI-Einheit **Becquerel** (Bq) angegeben: 1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde
- Zur Angabe der **Energie** radioaktiver Strahlen verwendet man im Allgemeinen die Einheit *Elektronenvolt* (eV). Die Energie radioaktiver Strahlen liegt im Bereich von 1 keV bis 10 MeV. Im Vergleich dazu werden bei einer chemischen Reaktion wie der *Knallgasreaktion* (Darstellung von Wasser aus den Elementen) $[H_2 + 1/2 O_2 \longrightarrow H_2O]$ nur etwa 3 eV pro Wassermolekül freigesetzt.

■ Zur Messung der Radioaktivität können folgende Geräte eingesetzt werden:

* *Geiger-Müller-Zählrohr (Halbleiterzählrohr) – Ionisationkammer – Nebelkammer – Szintillationszähler*

■ Für den Strahlenschutz werden zur Messung der Strahlenbelastung verschiedene *Dosimeter* eingesetzt.

137 (A) 138 (D) 139 (E) 141 (C) 142 (B) 143 (B) 145 (E)

1204 (E) 1216 (C) 1217 (C) 1219 (A)

■ Die **Geschwindigkeit des radioaktiven Zerfalls** ist definiert als Aktivitätsänderung pro Zeitänderung ($-dA/dt$). Alternativ dazu kann man die Geschwindigkeit des radioaktiven Zerfalls auch beschreiben durch die Änderung der Anzahl (N) der radioaktiven Atome pro Zeitintervall ($-dN/dt$) oder als Konzentrationsänderung pro Zeitänderung ($-d[A]/dt$). Das *Minuszeichen* bedeutet, dass beim radioaktiven Zerfall die Aktivität (Anzahl der Nuclide, Konzentration der Nuclide) mit der *Zeit abnimmt*.

■ Der radioaktive Zerfall gehorcht einem **Zeitgesetz 1. Ordnung** (Geschwindigkeitsgesetz 1.Ordnung) und kann durch folgende Differentialgleichung beschrieben werden:

$$-d[A]/dt = \lambda \cdot [A] \Rightarrow d[A]/[A] = -\lambda \cdot dt$$

Der Proportionalitätsfaktor λ wird als Zerfallskonstante bezeichnet. Manchmal wird die Zerfallskonstante auch mit dem Symbol „ k “ abgekürzt.

Aus dem Zeitgesetz ist ableitbar, dass anfangs je Zeiteinheit mehr Atome zerfallen als gegen Ende der Aktivitätszeit; daher hängt die Zerfallsgeschwindigkeit eines radioaktiven Nuclids jeweils von der zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Anzahl unzerfallener Atome ab.

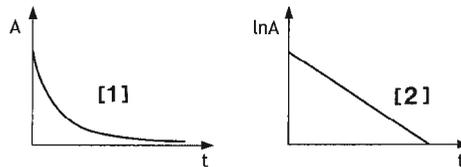
■ Bezeichnet man mit A_0 die Ausgangsaktivität zum Zeitpunkt $t = 0$ und integriert obige Gleichung, so erhält man:

$$\ln A/A_0 = -\lambda \cdot t$$

oder in exponentieller Schreibweise:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

■ Trägt man nun die *Aktivität* (A) (Zahl der Kerne, Konzentration) *gegen die Zeit* (t) auf, so ergibt sich eine exponentiell abfallende Kurve (Graphik 1). *Der radioaktive Zerfall folgt somit einem Exponentialgesetz*. Trägt man hingegen den Logarithmus der Aktivität ($\ln A$) gegen die Zeit (t) auf, so resultiert daraus eine *Gerade* (Graphik 2).



140 (C)

■ Zur Lösung dieser Aufgabe entnimmt man dem oberen Aktivitäts-Zeit-Diagramm (exponentieller Verlauf) zu definierten Zeiten die Werte der Ausgangsaktivität A_0 und der Aktivität A . Daraus berechnet man $\lg A/A_0$ und überträgt diese Werte in das untere Aktivitäts-Zeit-Diagramm (logarithmische Auftragung – linearer Verlauf). Es ergibt sich für die Zeit $t = 0$ *Zeiteinheiten*:

$$A = A_0 = 1000 \text{ Bq} \Rightarrow \lg A/A_0 = \lg 1 = 0$$

und für die Zeit $t = 5$ *Zeiteinheiten*:

$$A = 100 \text{ Bq und } A_0 = 1000 \text{ Bq} \Rightarrow \lg A/A_0 = \lg 100/1000 = \lg 0,1 = -1$$

Beide Punkte liegen im unteren Aktivitäts-Zeit-Diagramm nur auf der Geraden **C**.

141 (C)

■ Wie die Abbildung belegt, beträgt die Ausgangsaktivität des radioaktiven Präparates 1000 Bq. Als *Halbwertszeit* des Zerfalls ist der Zeitraum definiert, in dem die Anfangsaktivität auf die Hälfte abgenommen hat: $A_0 = 1000 \text{ Bq} \Rightarrow A_0/2 = 500 \text{ Bq}$. In dem abgebildeten Aktivitäts-Zeit-Diagramm ist dies nach etwa **30 Tagen** erreicht. Nach *150 Tagen* liegt die Aktivität des Präparates bei etwa 35 Bq.

■ Der Abbildung ist zu entnehmen, dass die Aktivität des radioaktiven Präparates in etwa 100 Tagen jeweils um den **Faktor 10** abnimmt: $100 \text{ Tage/A} = \sim 80 \text{ Bq} - 200 \text{ Tage/A} = \sim 8 \text{ Bq} - 300 \text{ Tage/A} = \sim 0,8 \text{ Bq}$

142 (B) **143** (B) **145** (E)

■ Der *radioaktive Zerfall* eines Elements kann weder mit chemischen noch physikalischen Methoden beeinflusst werden. Die Zerfallsgeschwindigkeit hängt somit auch *nicht* ab von Temperatur- und Druckänderungen, der Energiezufuhr oder der Modifikation des betreffenden Elements. Ebenso wenig ist er abhängig vom Ionisationszustand des Nuclids bzw. von der Art der emittierten Strahlung oder der Bildung stabiler Zerfallsprodukte.

■ Aus dem *Zeitgesetz 1.Ordnung* lässt sich jedoch ableiten, dass die Zerfallsgeschwindigkeit eines radioaktiven Elements von der zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Anzahl unzerfallener Atome abhängt. Da die Zahl radioaktiver Kerne mit der Zeit abnimmt, bedeutet dies auch, dass pro Zeiteinheit anfangs mehr Atome zerfallen als gegen Ende der Aktivitätszeit.

144 (A) **145** (E)

■ Als **Halbwertszeit** ($t_{1/2}$) eines radioaktiven Nuclids bezeichnet man den Zeitraum, in dem die Anfangsaktivität auf die Hälfte zurückgegangen ist.

■ Setzt man in das Zeitgesetz 1.Ordnung für $A = A_0/2$, so ergibt sich für die Halbwertszeit ($t_{1/2}$) des radioaktiven Zerfalls:

$$\ln (A_0/2)/A_0 = -\lambda \cdot t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \ln 2/\lambda = 0,693/\lambda$$

*Daraus folgt, dass die Halbwertszeit eines radioaktiven Nuclids **nicht** von dessen Anfangsaktivität abhängt.*

146 (E)

■ Bei einem radioaktiven Nuclid mit einer Halbwertszeit von 1 Jahr sind nach 1 Jahr noch 50 %, nach zwei Jahren noch 25 % und nach 3 Jahren noch 12,5 % der ursprünglichen Aktivität vorhanden.

147 (B)

■ Das **Kohlenstoffisotop** ^{11}C besitzt eine Halbwertszeit von 20,38 min. Dies bedeutet, dass nach dieser Zeit 50 % der anfangs vorhandenen Kohlenstoffnuclide unter Positronenemission zu Bor zerfallen sind.

**148** (B)

■ Das Wasserstoffisotop **Tritium** besitzt eine Halbwertszeit von 12,33 Jahren. Das bedeutet, dass nach dieser Zeit die Hälfte der anfangs vorhandenen Tritiumatome unter β^- -Emission zu Heliumatomen zerfallen sind.



149 (D)

Die radioaktive Strahlung aus der Umgebung wurde mit 20 Impulsen pro Minute gemessen. Anschließend misst man in dieser Umgebung für ein radioaktives Präparat 180 Impulse pro Minute. Das Zerfallsprodukt ist nicht radioaktiv. Nach 2 Stunden misst man – bei unveränderter Umgebungsstrahlung – 60 Impulse pro Minute.

Die um die Umgebungsstrahlung korrigierte radioaktive Strahlung beträgt:

nach 0 Stunden – 160 Impulse/min

nach 1 Stunde – 80 Impulse/min

nach 2 Stunden – 40 Impulse/min

Somit beträgt die Halbwertszeit des Präparates: **1 Stunde**

150 (C)

Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass nach 3 Stunden eine Aktivität von $A = 4 \cdot 10^3$ gemessen wurde. Die Hälfte dieses Wertes, nämlich $A = 2 \cdot 10^3$ misst man nach 5,5 Stunden. Somit beträgt die Halbwertszeit des radioaktiven Präparates etwa **2,5 Stunden**.

151 (D)

Das Nuclid $^{137}_{55}\text{Cs}$ zerfällt mit einer Halbwertszeit von 30 Jahren ($a = \text{anno}$). Nach 30a sind noch 50 % der ursprünglichen Kerne vorhanden, nach 60a noch 25 % und nach 90a nur noch 12,5 %. Daher sind nach etwa **100a** noch **10 %** der ursprünglichen Aktivität vorhanden.

152 (C)

Ein radioaktives Präparat besitzt eine Halbwertszeit von 2 Stunden. Von 40 ng Ausgangsmenge sind nach 4 Halbwertszeiten (8 Stunden) nur noch **2,5 ng** vorhanden.

$t=0$: 40 ng – 1 $t_{1/2}$: 20 ng – 2 $t_{1/2}$: 10 ng – 3 $t_{1/2}$: 5 ng – 4 $t_{1/2}$: 2,5 ng

153 (D)

Zum Zeitpunkt $t = 0$ liegen 5 ng eines β -Strahlers vor. Nach 2 Stunden ($\equiv t_{1/2}$) sind es noch 2,5 ng. Nach **weiteren 4 Stunden** (insgesamt 3 Halbwertszeiten) sind nur 0,625 ng des ursprünglichen Stoffes vorhanden.

$t=0$: 5 ng – 1 $t_{1/2}$: 2,5 ng – 2 $t_{1/2}$: 1,25 ng – 3 $t_{1/2}$: 0,625 ng

154 (D)

Nach einer Zeit von 5,3 Jahren sind von einem ^{60}Co -Nuclid nur noch 50 % der ursprünglichen Aktivität messbar. Somit ist die Anfangsaktivität in **10,6 Jahren** auf **25 %** abgefallen.

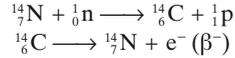
155 (A) 156 (D)

Eine Tracer-Substanz besitzt eine Halbwertszeit von 8 Tagen (18 Tagen). Daher sind nach **16 Tagen (36 Tagen)** nur noch **25 %** der ursprünglichen Aktivität messbar.

157 (E)

Radiocarbonmethode (Radiokohlenstoffdatierung): Das Verfahren beruht auf dem radioaktiven β -Zerfall der Kohlenstoffisotops ^{14}C und wird in der archäologischen Altersbestimmung von organischem Material (fossilen Funden) eingesetzt. Der Anwendungsbereich liegt zwischen 300 bis etwa 60000 Jahren.

- Das Isotop $^{14}_6\text{C}$ entsteht durch kosmische Strahlung (Neutronenaufnahme) aus $^{14}_7\text{N}$ und zerfällt anschließend unter **β -Emission**.



- In lebenden pflanzlichen und tierischen Geweben ist das Verhältnis von radioaktivem (^{14}C) und inaktivem (^{12}C) Kohlenstoff dasselbe wie in der Atmosphäre, in der sich im Laufe der Zeit ein Gleichgewicht zwischen dem ^{14}C -Zerfall und seiner Neubildung aus ^{14}N ausgebildet hat. In einem *lebenden Organismus* ist somit das Verhältnis ^{14}C zu ^{12}C konstant. In totem Material verringert sich stetig der ^{14}C -Gehalt durch den radioaktiven β -Zerfall. Aus dem verbleibenden ^{14}C -Restanteil kann dann das ungefähre Alter bestimmt werden.

158 (E)

- Die Halbwertszeit des ^{14}C -Isotops beträgt $t_{1/2} = 5600$ Jahre, so dass nach dieser Zeit noch die Hälfte der ursprünglichen ^{14}C -Menge vorhanden ist. Nach etwa **7400 Jahren** sind in einem Ausgrabungsfund noch etwa **40 %** der natürlichen ^{14}C -Konzentration enthalten.

159 (B)

- Bei einer Halbwertszeit von $t_{1/2} = 5760$ Jahren ist ein archäologischer Fund etwa **11 520 Jahre** (2 Halbwertszeiten: 100 %-50 %-25 %) alt, wenn sein ^{14}C -Anteil auf **25 %** des natürlichen Isotopenverhältnisses abgesunken ist.

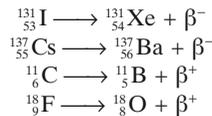
160 (C) **161** (B) **162** (B)

- Die Zerfallsgeschwindigkeit und damit auch die Zerfallskonstante (λ) eines radioaktiven Tracers wird *nicht* beeinflusst von der Art der chemischen Bindung, von der Temperatur oder von der Zeit.

- Die Halbwertszeit einer ^{32}P -markierten Substanz ist *nicht* abhängig von der ^{32}P -Einlagerung in Gewebe oder dessen Konzentration im Blut. Auch Messzeit, Körpertemperatur oder die Eliminierung des Tracers aus dem Organismus beeinflussen dessen Halbwertszeit *nicht*.

163 (B) **1862** (A) **1863** (C)

- Das **Chlorisotop** $^{37}_{35}\text{Cl}$ ist *stabil*, während sich für die anderen genannten Isotope folgende radioaktive Zerfallsprozesse ergeben, die teilweise in der Radiodiagnostik und Radiotherapie genutzt werden:



1.1.4 Atommodelle

164 (C) **165** (C) **166** (C) **167** (B) **168** (A) **169** (C) **170** (C)
171 (A) **172** (E) **181** (E) **203** (E)

- **Atommodell nach Bohr** (*Schalenmodell, Bahnenmodell*): Der *Atomkern* besteht aus positiv geladenen *Protonen* und den ungeladenen *Neutronen*. Mit Ausnahme des Wasserstoffatoms besitzt jeder Kern mindestens ein Neutron. Der Atomkern repräsentiert nahezu die gesamte Atommasse.

- Die *Atomhülle* besteht aus *Elektronen*, die den Atomkern auf Bahnen umkreisen. An jeder Stelle der Umlaufbahn wirkt die *Coulomb-Kraft* (elektrostatische Anziehungskraft) [$K = e^2/r^2$],

worin e der Ladung und r dem Abstand der Elektronenbahn entspricht. In einem neutralen Atom sind ebenso viele Elektronen wie Protonen enthalten.

■ *Jedes Elektron besitzt einen definierten Energieinhalt.* Dabei muss umso mehr *Energie* aufgewendet werden, um das Elektron aus dem Atomverband abzuspalten, je näher sich das Elektron am Atomkern befindet. Der energieärmste Zustand der jeweiligen Elektronenanordnung wird *Grundzustand* genannt.

■ Die Zahl der stabilen Bahnen (Zahl der stationären Zustände) ist begrenzt. Nur solche Bahnen sind möglich, für die der Drehimpuls ($m \cdot v \cdot r$) ein ganzzahliges Vielfaches von $(h/2\pi)$ ist:

$$m \cdot v \cdot r = n \cdot (h/2\pi)$$

Hierin bedeuten: m = Masse des Elektrons; v = Bahngeschwindigkeit des Elektrons; r = Bahnradius (Abstand der Elektronenbahn vom Kern); h = Plancksches Wirkungsquantum; n = *Hauptquantenzahl*.

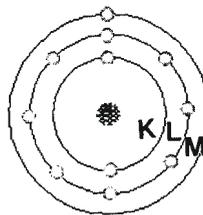
■ Die innerste Schale im Bohrschen Modell wird **K-Schale** ($n=1$) genannt. Nach außen hin folgen dann die **L-** ($n=2$), **M-** ($n=3$), **N-Schale** ($n=4$) (usw.)

Für die Maximalbesetzung der Bahnen mit Elektronen gilt: $2n^2$. Somit sind maximal in der K-Schale **2**, in der L-Schale **8**, in der M-Schale **18** und in der N-Schale **32** Elektronen vorhanden.

■ Die *Energie der Elektronenbahnen* nimmt in folgender Reihe zu: K-Schale < L-Schale < M-Schale < N-Schale.

■ Der *Energiezustand eines Elektrons* kann durch Energiezufuhr (*Absorption*), z. B. durch Lichtenergie ($E = h \cdot \nu$), verändert werden, wobei das Elektronensystem vom Grundzustand in einen *angeregten Zustand* übergeht. Dabei muss umso mehr Energie zugeführt werden, je größer der Radius (weiter außen liegend) der dann auftretenden Bahn sein soll.

■ Der angeregte Zustand ist als Zustand höherer Energie nur kurzzeitig stabil. Das angeregte Elektron kann spontan unter *Lichtemission* von einer energiereicheren (äußeren) auf eine energieärmere (innere) Bahn übergehen und kehrt schließlich in den Grundzustand zurück. Die Frequenz (ν) oder die Wellenlänge (λ) der absorbierten bzw. emittierten Strahlung ist durch die Energiedifferenz ($\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot c/\lambda$) der Elektronenbahnen festgelegt, worin c die Lichtgeschwindigkeit bedeutet.



Die Abbildung zeigt das Bohrsche Modell des *Natriumatoms* (${}^{23}_{11}\text{Na}$). Die K-Schale ist mit 2 Elektronen, die L-Schale mit 8 Elektronen und die M-Schale mit 1 Elektron (insgesamt 11 Elektronen) besetzt.

■ Das nachfolgend beschriebene quantenmechanische Atommodell liefert anstelle der „erlaubten“ Bohrschen Elektronenbahnen nur noch *Wahrscheinlichkeitsverteilungen* für den Aufenthalt der Elektronen um den Kern.

- 172 (E) 173 (D) 174 (E) 175 (B) 176 (A) 177 (D) 178 (C)
179 (B) 180 (E)

■ **Orbitalmodell** (*quantenmechanisches Atommodell*): Der Aufenthaltsort eines Elektrons kann nach der *Heisenbergschen Unschärferelation* nicht exakt, sondern nur mit einer gewissen *Wahrscheinlichkeit* angegeben werden.

Für die Weiterentwicklung des Bohrschen Modell macht man sich nun zu eigen, dass Elektronen in manchen Experimenten auch *Welleneigenschaften* zeigen. Das Verhalten von Elektronen kann also mathematisch mit **Wellenfunktionen** ψ beschrieben werden, wie man sie auch für andere Wellenphänomene (Lichtwellen, Schallwellen) anwendet.

Die **Schrödinger-Gleichung**, eine partielle Differentialgleichung, verbindet die Wellenfunktion ψ eines Elektrons mit seiner Energie und den Raumkoordinaten, die zur Beschreibung dieses Systems notwendig sind. Jede mathematisch sinnvolle Lösung dieser Wellengleichung wird **Atomorbital** (Eigenfunktion) genannt. Sie entsprechen den stationären Zuständen im Bohrschen Modell.

■ Die Wellenfunktion ψ selbst besitzt keine anschauliche Bedeutung, hingegen kann aber das Betragsquadrat $|\psi|^2$ einer Wellenfunktion als *Aufenthaltswahrscheinlichkeit* des Elektrons interpretiert werden. Da die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen mit dem Abstand vom Atomkern gegen Null geht und sich bis ins Unendliche erstreckt, wählt man als Orbital den *Aufenthaltsraum*, in dem das Elektron mit etwa 90 %iger Wahrscheinlichkeit vorzufinden ist. Mit anderen Worten: *Ein Atomorbital ist der Raum um den Atomkern, in dem sich ein bestimmtes Elektron mit 90 %iger Wahrscheinlichkeit aufhält. Orbitale sind graphisch darstellbar.*

■ Zur eindeutigen *Charakterisierung von Orbitalen* sind drei Quantenzahlen (**n, l, m**) anzugeben:

Die **Hauptquantenzahl** ($n = 1, 2, 3, \dots$) kennzeichnet die Energiestufen des Elektrons und ist auch ein Maß für die Ausdehnung (Volumen) der Elektronendichteverteilung. Die **Nebenquantenzahl** ($l = 0, \dots, n-1$) charakterisiert die Form (Gestalt) des Orbitals und die **Magnetquantenzahl** ($m = -l, \dots, 0, \dots, +l$) informiert über die räumliche Orientierung des betreffenden Orbitals.

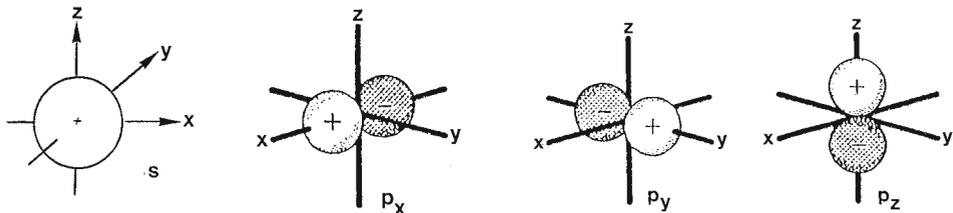
■ Ein Orbital kann maximal mit *zwei* Elektronen besetzt sein, sofern diese antiparallelen Spin besitzen, sich also in ihrer **Spinquantenzahl** ($s = \pm 1/2$) unterscheiden. Mit *Spin* bezeichnet man die Rotation des Elektrons um seine Achse.

■ Diese *Maximalbesetzung mit 2 Elektronen* ist Folge des **Pauli Prinzips**, nach dem in einem Mehrelektronensystem niemals zwei Elektronen in allen Quantenzahlen übereinstimmen dürfen. Da jedes Elektronen durch *vier* Quantenzahlen eindeutig charakterisiert ist, müssen sich zwei Elektronen, die dasselbe Orbital besetzen – somit in den drei Quantenzahl n, l, m übereinstimmen – einen entgegengesetzten Spin (eine unterschiedliche Spinquantenzahl) besitzen.

■ Die *Nebenquantenzahl* (l) kennzeichnet die Form des Orbitals. Ein Orbital mit $l = 0$ bezeichnet man als **s-Orbital** ($s = \text{sharp}$). Es besitzt eine *kugelsymmetrische* Elektronendichteverteilung. Ein Orbital mit $l = 1$ bezeichnet man als **p-Orbital** ($p = \text{principal}$). p-Orbitale besitzen eine *hantelförmige* Gestalt mit einem positiven und einem negativen Orbitalappen. Sie sind *axialsymmetrisch* bezüglich einer Koordinatenachse. Es gibt **3** unterschiedliche p-Orbitale, die mit **p_x, p_y** und **p_z** gekennzeichnet werden.

Ein Orbital mit $l = 2$ bezeichnet man als **d-Orbital** ($d = \text{diffuse}$). Es gibt **5** unterschiedliche d-Orbitale. Mit Ausnahme des **d_{z^2}** -Orbitals besitzen die anderen d-Orbitale (**$d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, d_{x^2-y^2}$**) eine *rosettenförmige* Gestalt (gekreuzte Doppelhantel).

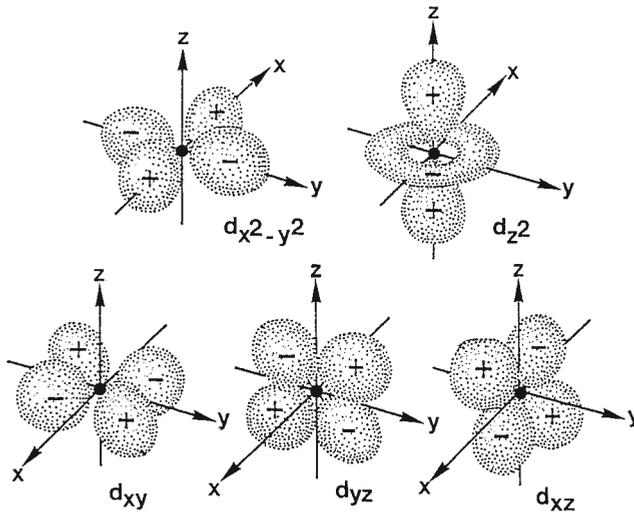
Ein Orbital mit $l = 3$ bezeichnet man als **f-Orbital** ($f = \text{fundamental}$). Es gibt **7** unterschiedliche f-Orbitale. Sie besitzen eine sehr komplexe Form.



Die voranstehende Abbildung zeigt die räumliche Ausdehnung eines kugelsymmetrischen s-Orbitals sowie die drei energiegleichen (entarteten) hantelförmigen p-Orbitale (p_z, p_x, p_y). Die nach-

folgende Abbildung zeigt die Gestalt und die räumliche Orientierung der fünf d-Orbitale. Die Plus- und Minuszeichen in diesen Abbildungen sind *keine Ladungen*, sondern ergeben sich als mathematische Vorzeichen aus der Beschreibung der Elektronen durch Wellenfunktionen.

Die Zahl der Orbitale hängt auch mit der Magnetquantenzahl zusammen. Für $l = 0$ wird $m = 0$ und es existiert pro Hauptquantenzahl nur *ein* s-Zustand. Für $l = 1$ wird $m = -1, 0, +1$ und es existieren ab der Hauptquantenzahl $n = 2$ *drei* unterschiedlich orientierte p-Orbitale. Für $l = 2$ wird $m = -2, -1, 0, +1, +2$ und es existieren ab der Hauptquantenzahl $n = 3$ *fünf* unterschiedliche d-Orbitale. Für $l = 3$ wird $m = -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$ und es existieren ab der Hauptquantenzahl $n = 4$ *sieben* f-Orbitale.



■ Zur Kennzeichnung von Orbitalen gibt man im Allgemeinen eine Hauptquantenzahl zusammen mit den Bezeichnungen für die Nebenquantenzahl an. Dies führt zu Begriffen wie: **1s-, 2s-, 2p-, ..., 3d-, ..., 4f-Orbital**.

181 (E) **182** (B) **199** (E) **200** (B)

■ Die **Besetzung von Orbitalen** mit Elektronen erfolgt ausgehend vom *energieärmsten* Niveau. Zu beachten ist, dass das 4s-Orbital energetisch tiefer liegt als die 3d-Orbitale. Somit ergibt sich folgende Reihenfolge steigender Energie:

1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < 5f < 6d < 7p < ...

■ Ein Orbital kann unbesetzt (leer) sein, mit 1 Elektron besetzt sein, oder *maximal 2 Elektronen* enthalten, sofern diese antiparallelen (entgegengesetzten) Spin besitzen (Folge des **Pauli-Prinzips**).

■ Entartete (energiegleiche) Orbitale werden zunächst einzeln mit jeweils einem Elektron (mit parallelem Spin) besetzt (Folge der **Hundschen Regel**).

183 (C) **184** (B) **185** (D) **186** (A) **187** (E) **188** (B) **189** (E)

■ **Vier Quantenzahlen** (n, l, m, s) charakterisieren die Eigenschaften von Elektronen.

■ Die **Hauptquantenzahl** (n) kennzeichnet die Schalennummer und charakterisiert das *Hauptenergieniveau*. Je kleiner n ist, desto näher befindet sich die Schale (das Orbital) am Kern. n kann nur ganzzahlige positive Werte ($n = 1, 2, 3, 4, \dots$) annehmen.

■ Die **Nebenquantenzahl** (l) charakterisiert den *Bahndrehimpuls* des sich um den Kern bewegendem Elektrons. l kennzeichnet auch die *Form* (Gestalt) des betreffenden Orbitals. l kann Null sein oder beliebige ganze Zahlen annehmen ($l = 0, 1, 2, \dots, n-1$).

Ein Orbital mit $l = 0$ bezeichnet man als **s-Orbital**. Es besitzt eine *kugelsymmetrische Gestalt* (Ladungsdichteverteilung).

Ein Orbital mit $l = 1$ bezeichnet man als **p-Orbital**. Es gibt je Hauptquantenzahl jeweils drei p-Orbitale, die man nach ihrer Vorzugsachse als **p_x -**, **p_y -** und **p_z -Orbital** bezeichnet. p-Orbitale besitzen eine hantelförmige Gestalt und sind bezüglich einer Koordinatenachse *rotationssymmetrisch* (*axialsymmetrisch*).

Ein Orbital mit $l = 2$ bezeichnet man als **d-Orbital**. Es gibt je Hauptquantenzahl jeweils fünf d-Orbitale. Mit Ausnahme des d_{z^2} -Atomorbitals besitzen die d-Orbitale eine *rosettenförmige Gestalt* (gekreuzte Doppelhantel).

Ein Orbital mit $l = 3$ bezeichnet man als **f-Orbital**. Es gibt je Hauptquantenzahl sieben f-Orbitale. Sie besitzen eine komplexe räumliche Gestalt.

■ Die **Magnetquantenzahl** (**m**) beschreibt die räumliche Orientierung der Orbitale in einem elektromagnetischen Feld. m kann betragsmäßig nicht größer sein als l, kann aber auch negative Zahlenwerte annehmen: $m = -l, \dots, -1, 0, +1, \dots, +l$.

■ Die **Spinquantenzahl** (**s**) charakterisiert den Spin des Elektrons (Rotation um die eigene Achse). s kann nur die beiden Werte $s = +1/2$ und $s = -1/2$ annehmen, entsprechend einer Rotation im Uhrzeiger- und im Gegenuhrzeigersinn. Zwei Elektronen können einen gleichen (*parallel*) oder entgegengesetzten Spin (*antiparallel*) aufweisen.

190 (D)

■ Nach der **$2n^2$ -Regel** für die Maximalbesetzung einer Elektronenschale können in der **N-Schale** ($n = 4$) insgesamt **32 Elektronen** untergebracht werden.

191 (D)

■ Die K-Schale umfasst 1 Orbital (1s), die L-Schale 4 Orbitale (2s, 3x2p), die M-Schale 9 Orbitale (3s, 3x3p, 5x3d) und die N-Schale 16 Orbitale (4s, 3x4p, 5x4d, 7x4f). Die nachfolgende Schale mit der Hauptquantenzahl $n = 5$ zählt nochmals 16 Orbitale (5s, 3x5p, 5x5d, 7x5f). Daher stehen bei einer Hauptquantenzahl von $n = 5$ insgesamt **46 Orbitale** zur Besetzung mit Elektronen zur Verfügung.

1.1.5 Elektronenbesetzung von Orbitalen

192 (D) 193 (C) 194 (A) 195 (D) 196 (A) 197 (D) 198 (A)

■ Das **Pauli-Prinzip** besagt, dass *nie* zwei Elektronen eines mehrelektronigen Atoms in allen vier Quantenzahlen übereinstimmen (in ihrem Zustand übereinstimmen).

Ein Orbital kann daher nur mit *maximal zwei* Elektronen (Übereinstimmung in den Quantenzahlen n , l und m) besetzt werden, sofern diese einen antiparallelen Spin besitzen, sich also in der Spinquantenzahl (s) unterscheiden. Das Spinnmoment eines vollbesetzten Orbitals ($s = \pm 1/2$) beträgt somit Null.

Das Pauli-Prinzip gilt auch für *Moleküle* und langlebige *Radikale*.

■ Nach der **Hundschen Regel** werden energiegleiche (entartete, degenierte) Orbitale zunächst *einzel*n (einfach) von Elektronen mit *parallelem Spin* besetzt.

Ist die Zahl der Elektronen größer als die Zahl der entarteten Orbitale, dann werden diese auch doppelt, jedoch mit Elektronen von entgegengesetztem Spin besetzt.

199 (E)

■ Bei den auf das Argon folgenden Elementen werden die Energieniveaus in folgender Reihenfolge besetzt: $4s < 3d < 4p < 5s < 4d$

200 (B)

- Folgende Reihenfolge der Orbitale nach steigender Energie trifft zu: $5s < 4d < 5p < 6s < 4f$

1.1.6 Angeregte Atome

201 (E)

202 (E)

203 (E)

204 (D)

205 (D)

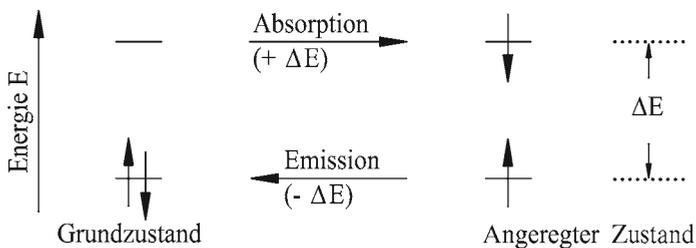
206 (E)

207 (D)

215 (A)

- **Elektronenanregung:** Elektronen in Atomen besetzen unter Beachtung des Pauli-Prinzips und der Hundschen Regel ganz bestimmte Orbitale. Jedes dieser Orbitale hat einen definierten Energieinhalt, wobei die Energie mit wachsender Entfernung des Elektrons vom Kern ansteigt. Normalerweise befindet sich ein Elektronensystem im energieärmsten Zustand, dem sog. **Grundzustand**.

Außer den vollständig mit Elektronen *besetzten Orbitalen* existieren in einem Atom noch *halbbesetzte* oder *unbesetzte Orbitale*, die einer höheren (größeren) Gesamtenergie entsprechen, und die man durch Energiezufuhr mit Elektronen aus einem energetisch tieferen Zustand besetzen kann. Das Elektronensystem geht vom Grundzustand in einen **angeregten Zustand** über. Damit Absorption eintritt, muss der zugeführte (aufgenommene) Energiebetrag exakt der *Elektronenanregungsenergie* entsprechen.



- Die Energieaufnahme und den Übergang des Elektronensystems in einen angeregten Zustand bezeichnet man als **Absorption**. Die angeregten Zustände sind *nicht* stabil. Nach etwa 10^{-9} bis 10^{-7} Sekunden kehren die Elektronen wieder in den Grundzustand, zumindest aber auf tiefere Energieniveaus zurück. Diesen Vorgang nennt man **Emission**. Hierbei wird die Energiedifferenz beider Elektronenzustände in Form elektromagnetischer Strahlung (Licht) definierter Wellenlänge ausgestrahlt. Absorption und Emission erfolgen normalerweise unter *Beibehaltung der Spinrichtung* für das betreffende anzuregende Elektron.

- Nach der Planck-Einstein-Beziehung hängt die Frequenz (ν) bzw. Wellenlänge (λ) des ausgesandten Lichts mit der Energiedifferenz (ΔE) des Elektrons vor und nach der Anregung wie folgt zusammen:

$$\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot c/\lambda$$

Hierin bedeutet c die Lichtgeschwindigkeit und h ist das Plancksche Wirkungsquantum. Die Lichtenergie ist also direkt proportional zu seiner Frequenz und umgekehrt proportional zu seiner Wellenlänge. Kurzwelliges Licht ist energiereich, langwelliges energiearm.

- Da sich die Elektronen eines Atoms nur in ganz bestimmten Orbitalen mit definierten Energieinhalten aufhalten, kann auch Licht nur ganz bestimmter Frequenz (ν) emittiert werden. Es resultiert als **Emissionsspektrum** ein so genanntes **Linienpektrum**. Eine **Spektrallinie** entspricht dabei der Energiedifferenz zweier Zustände eines Elektrons (Atoms).

- Ein solches Linienpektrum wird – bei entsprechender Anregung – von allen Elementen ausgesandt. Im Allgemeinen werden bei der Absorption im sichtbaren ($\lambda = 400\text{--}800\text{nm}$) und ultravioletten (nicht-sichtbaren) ($\lambda = 200\text{--}400\text{nm}$) Spektralbereich die im Atom befindlichen **äußeren Elektronen (Valenzelektronen)** in höhere Energiezustände angehoben (*optische Spektralanalyse*).

■ Bei entsprechender Energiezufuhr können auch *innere (energiereichere) Elektronen* aus dem Atomverband eliminiert werden. Die dabei entstehenden „Lücken“ werden von Elektronen aus energetisch höher liegenden Zuständen aufgefüllt unter Aussendung sehr kurzweiliger Strahlung (*Röntgenstrahlung*). Es entsteht das **Röntgenspektrum** des betreffenden Elements.

208 (B)

■ Der Elektronenübergang des **Magnesiumatoms** (Mg) [Elektronenkonfiguration: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$] vom Grundzustand in den ersten angeregten Zustand kann wie folgt beschrieben werden: $3s^2 \longrightarrow 3s^1 3p_x^1$

(Zur Festlegung von Elektronenkonfigurationen siehe Kap. 1.2.3!)

209 (A)

Das **Boratom** (B) besitzt im Grundzustand die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2 2p^1$ und im angeregten Zustand $1s^2 2s^1 2p^2$ (Elektronenübergang: $2s \longrightarrow 2p$).

210 (B)

■ Das **Kohlenstoffatom** (C) besitzt im Grundzustand die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2 2p^2$ und im angeregten Zustand $1s^2 2s^1 2p^3$ (Elektronenanregung: $2s \longrightarrow 2p$).

211 (C) **212** (C)

■ Das **Stickstoffatom** (N) besitzt die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2 2p^3$. Durch Elektronenabgabe entsteht daraus das **N⁺-Kation** mit der Konfiguration $1s^2 2s^2 2p^2$. Das Kation hat nach Anregung die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^1 2p^3$ (Elektronenanregung: $2s \longrightarrow 2p$).

■ Das **Boratom** (B) hat die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2 2p^1$. Durch Elektronenaufnahme wird daraus das **B⁻-Anion** mit der Konfiguration $1s^2 2s^2 2p^2$. Nach Elektronenanregung ($2s \longrightarrow 2p$) besitzt das angeregte Anion die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^1 2p^3$.

213 (E) **214** (A)

■ In einem mehrelektronigen System addieren sich die Elektroneneinzelspins (*s*) mit den Quantenzahlen $s = \pm 1/2$ zum *Gesamtspin* (*S*) des Elektronensystems. Daraus berechnet sich die **Multiplizität** (*M*) der Elektronenanordnung wie folgt:

$$M = 2 |S| + 1$$

■ Wenn alle Orbitale eines Atoms (Moleküls) doppelt mit Elektronen antiparallelen Spins besetzt sind, addieren sich die Einzelspins zum Gesamtspin $S = 0$ und *M* wird **1**. Man bezeichnet diesen Zustand als **Singulett-Zustand (S)**.

■ Wenn in einem Atom (Molekül) ein einziges Elektron ungepaart vorliegt, so beträgt der Gesamtspin des Elektronensystems $S = 1/2$ und *M* wird **2**. Man bezeichnet diesen Zustand als **Dublett-Zustand (D)**.

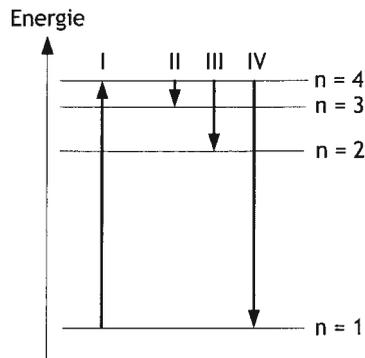
■ Wenn in einem Atom (Molekül) zwei Elektronen ungepaarten (parallelen) Spin besitzen, so ist der Gesamtspin $S = 1$ und die Multiplizität wird **M = 3**. Einen solchen Zustand bezeichnet man als **Triplett-Zustand (T)**.

■ **Beryllium** hat im Grundzustand die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2$ und im angeregtem Zustand die Konfiguration $1s^2 2s^1 2p^1$ (Elektronenanregung: $2s \longrightarrow 2p$). Sind die Spins der beiden $2s^1$ - und $2p^1$ -Elektronen antiparallel, so spricht man von einem Singulett-Zustand; sind die Spins parallel, so handelt es sich um einen Triplett-Zustand.

215 (A) 216 (B) 217 (C)

Das **Wasserstoffatom** (H^*) besitzt die Elektronenkonfiguration $1s^1$. Nach entsprechender Anregung emittiert das angeregte Wasserstoffatom ein *Linienspektrum* mit Spektrallinien im ultravioletten ($\lambda = 200\text{--}400\text{ nm}$), sichtbaren ($\lambda = 400\text{--}800\text{ nm}$) und infraroten ($\lambda > 800\text{ nm}$) Spektralbereich. Der Anregungsschritt lässt sich wie folgt beschreiben, wobei der angeregte Zustand häufig durch ein hochgestelltes Kreuz (*) gekennzeichnet wird: $H^* + \text{Energie} \longrightarrow H^{**}$

Das u. a. Energieniveauschema des Wasserstoffatoms zeigt die Elektronenanregung aus dem Grundzustand ($n = 1 \equiv K\text{-Schale}$) in den 3. angeregten Zustand ($n = 4 \equiv N\text{-Schale}$), was zu einer Absorptionslinie (I) führt. Danach kann das angeregte Elektron wieder direkt unter Aussendung einer Spektrallinie (IV) in den Grundzustand zurückkehren. Diese Rückkehr in den Grundzustand kann aber auch stufenweise über die Zustände ($n = 3$) und ($n = 2$) erfolgen, was gleichfalls zur Aussendung einer Spektrallinie (II, III) führt. Ein Emissionsspektrum ist also *linienreicher* als das Absorptionsspektrum.



Die einzelnen Frequenzen des H-Linienspektrums stehen untereinander in einem mathematischen Zusammenhang und lassen sich zu **Spektralserien** ordnen. Die einzelnen Spektrallinien des Wasserstoffatoms erscheinen in *fünf* Serien. Unter einer *Serie* werden diejenigen Spektrallinien zusammengefasst, die ihr Entstehen Elektronenübergängen von beliebig hohen Energieniveaus (n_2) auf dasselbe tiefere Energieniveau (n_1) verdanken.

Zum Beispiel ergibt sich die linienreichste **Lyman-Serie** (im Ultravioletten) des Wasserstoffatoms aus der Rückkehr des angeregten Elektrons ($n_2 = 2, 3, 4, \text{ usw.}$) in den Grundzustand ($n_1 = 1$)

Das Zustandekommen der **Balmer-Serie** (im Sichtbaren) erklärt man sich durch einen Übergang des angeregten Elektrons in ein Orbital mit der Hauptquantenzahl $n_1 = 2$.

Paschen- ($n_1 = 3$), **Brackett-** ($n_1 = 4$) und **Pfund-Serie** ($n_1 = 5$) liegen im infraroten Spektralbereich und werden als Wärmestrahlung empfunden.

218 (A) 219 (C) 220 (E)

Liegen die emittierten Linien angeregter Atome im sichtbaren Spektralbereich ($\lambda = 400\text{--}800\text{ nm}$), so sind die Spektrallinien farbig und verleihen der Anregungsquelle – z. B. einer Bunsenflamme – eine charakteristische **Flammenfärbung**, die zum *qualitativen Nachweis* des betreffenden Elements herangezogen werden kann. In der qualitativen Analyse nutzt man die Flammenfärbung zum Nachweis von:

Lithium: 670,8 nm – rot

Natrium: 589,3 nm – gelb (**Natrium-D-Linie**)

Kalium: 768,2 nm – rot und 404,4 nm – violett

Rubidium: 780,0 nm – rot und 421,5 nm – violett

Cäsium: 458,0 nm – *blau*

Calcium: 622,0 nm – *rot* und 533,3 nm – *grün*

Strontium: 650–660 nm – Schar *roter* Linien

Barium: 513,9–524,2 nm – Schar *grüner* Linien

Thallium: ca. 527 nm – *grün*

1.2 Periodensystem der Elemente

1.2.1 Aufbau des Periodensystems

221 (D) **222** (A) **223** (D) **224** (C) **225** (D) **226** (D) **1865** (C)

■ In der heutigen Form des **Periodensystems** der **Elemente** sind die Elemente nach *steigender Kernladungszahl (Ordnungszahl, Zahl der Protonen)* geordnet.

■ Im ursprünglichen PSE nach *Mendelejew* und *Meyer* wurden die Elemente nach *steigender relativer Atommasse* angeordnet. Dies führte bei den Elementpaaren Ar/K – Te/I – Co/Ni zu Abweichungen, die man als *Inversionen* bezeichnet (ein Element niedriger Atommasse steht im PSE nach einem Element mit höherer rel. Atommasse).

■ Als **Perioden** bezeichnet man die waagrechten Reihen des PSE. Sie werden mit arabischen Ziffern gekennzeichnet. Es gibt **7** Perioden.

■ Als **Gruppen** bezeichnet man die senkrechten Spalten. Es gibt **8 Hauptgruppen** und **8 Nebengruppen**. Sie wurden früher mit römischen Ziffern gekennzeichnet, jedoch verwendet das IMPP in den Prüfungsfragen arabische Gruppennummern. In den einzelnen Gruppen finden sich *chemisch verwandte Elemente*.

■ In den *Hauptgruppen* finden sich **Metalle, Halbmetalle** und **Nichtmetalle**, während die *Nebengruppenelemente (Übergangselemente)* ausnahmslos **Metalle** sind.

227 (C)

- Beryllium (**Be**) steht in der 2. Hauptgruppe und ist ein Erdalkalimetall.
- Bor (**B**) steht zusammen mit Gallium (**Ga**) in der 3. Hauptgruppe.
- Bismut (**Bi**) steht in derselben Periode wie Radon (**Ra**).
- Barium (**Ba**) steht in derselben Periode wie Caesium (**Cs**).
- Brom (**Br**) steht in der 7. Hauptgruppe und ist ein Halogen.

228 (C)

- Gold (**Au**) ist ein Element der 1. Nebengruppe.
- Argon (**Ar**) steht in der 8. Hauptgruppe und ist ein Edelgas.
- Arsen (**As**) ist ein Element der 5. Hauptgruppe (Stickstoffgruppe).
- Aluminium (**Al**) ist ein Element der 3. Hauptgruppe und steht in der 3. Periode.
- Silber (**Ag**) ist als Element der 1. Nebengruppe ein Übergangsmetall.

229 (A)

- Radium (**Ra**) steht in der 2. Hauptgruppe und ist ein Erdalkalimetall.
- Yttrium (**Y**) ist ein Element der 3. Nebengruppe.
- Cer (**Ce**) ist ein Lanthanidenelement (inneres Übergangselement).
- Radon (**Rn**) steht als Edelgas in der 8. Hauptgruppe.
- Holmium (**Ho**) ist ein Lanthanidenelement.

- Bei einer *homogenen Katalyse* befinden sich Katalysator und Substrat in derselben Phase.
- Bei vielen katalysierten Reaktionen bildet der Katalysator ein *reaktives* (kurzlebiges) *Zwischenprodukt* mit einem der Ausgangsstoffe.
- 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.

1272 (D)

- Die Zersetzung von Ameisensäure (HCOOH) in saurer Lösung zu Kohlenmonoxid (CO) ist eine **homogene Katalyse**, in der der Säurekatalysator sich in derselben Phase wie das Substrat (HCOOH) befindet: $\text{HCOOH} \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$

1273 (B)

- Die *Knallgasreaktion* – die Bildung von Wasser aus den Elementen – ist eine **heterogene Katalyse**, bei der die Reaktion an der Oberflächen des festen Platin-Katalysators abläuft: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

1274 (D)

- Als **Autokatalyse** bezeichnet man einen Vorgang, bei dem ein Katalysator im Verlaufe einer Reaktion entsteht.

2.1 Edelgase

2.1.1 Vorkommen, Gewinnung, Reaktivität und Anwendung

1275 (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.

1276 (C) **106** (C)

- *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.
- *Neon* (Ne), *Argon* (Ar), *Krypton* (Kr) und *Xenon* (Xe) fallen als Nebenprodukte bei der *fraktionierten Destillation verflüssigter Luft* an. *Helium* (He) kommt außer in Luft auch in gewissen Erdgasen als *radioaktives Zerfallsprodukt* vor. *Radon* (Rn) ist ein Produkt des radioaktiven Zerfalls von Radium (Ra).
- *Alle* Edelgase liegen atomar vor.

1277 (B)

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

1278 (D) **280** (B)

- *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* ist *nicht* brennbar und ist deshalb ein oft verwendetes Schutz- und Füllgas.

1279 (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 Argonverbindung konnte mittlerweile synthetisiert werden.
- *Helium* hat die *Elektronenkonfiguration* $1s^2$, während die übrigen Edelgase die Konfiguration ns^2np^6 besitzen.

1280 (B)

- *Argon* ist das in Luft am häufigsten vorhandene Edelgas, gefolgt von Neon.
- Die Edelgase *Neon*, *Argon*, *Krypton* und *Xenon* werden durch fraktionierte Destillation verflüssigter Luft gewonnen.
- *Helium* besitzt den tiefsten Schmelz- 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.

1281 (C) **1282** (D) **1283** (E) **30** (C) **600** (D)

- **Helium** (He) ist das dritthäufigste Edelgas der Luft, wird technisch aber aus bestimmten *Erdgasen* als Folgeprodukt radioaktiver Zerfallsvorgänge (α -Zerfall) gewonnen.
- Helium hat den tiefsten *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.
- Helium besitzt die Elektronenkonfiguration $1s^2$; die beiden Elektronen besetzen somit ein kugelsymmetrisches s-Orbital doppelt mit antiparallelem Spin.
- Die MO-Theorie macht plausibel, warum ein $(\text{He})_2$ -Molekül nicht existieren kann. Jedoch existiert ein $(\text{He})_2^+$ -Kation, in dem das bindende σ -MO doppelt und das antibindende σ^* -MO nur einfach besetzt sind; aus dieser Elektronenanordnung (2 bindende, 1 antibindende Wechselwirkung) resultiert insgesamt ein bindender Anteil.

1284 (B) **272** (A)

- **Argon** (Ar) ist das in Luft am häufigsten vorkommende Edelgas und wird vor allem als Schutzgas verwendet.

- Vom Argon ist bisher nur ein *Argonfluorohydrid* (HArF) hergestellt worden, das sich bei 27 K zersetzt.
- Über die Elektronegativität von Argon sind keine Angaben zu machen.

1285 (E) 108 (A) 1887 (B)

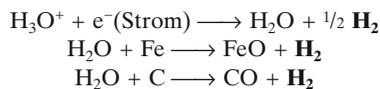
- **Xenon** (Xe) bildet stabile Verbindungen mit den elektronegativen Elementen Fluor und Sauerstoff.
- Xenon steht im Periodensystem der Elemente (PSE) in der 5. Periode und 8. Hauptgruppe und hat deshalb die Elektronenkonfiguration: **[Kr]4d¹⁰5s²5p⁶**

2.2 Wasserstoff

2.2.1 Gewinnung und Bildung von Wasserstoff

1286 (D) 1287 (D) 1288 (E) 1289 (E) 1290 (D) 1291 (A) 1292 (B)
1293 (A) 1294 (E) 1888 (C)

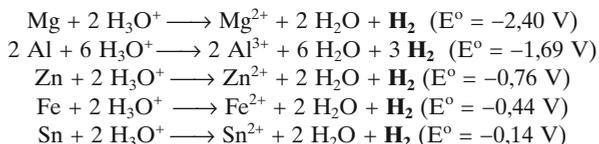
- *Technisch* gewinnt man **Wasserstoff** aus *Wasser* durch Elektrolyse (*kathodische Reduktion*) oder durch Reduktion mit einem unedlen Metall wie Eisen bzw. durch Reduktion mit Kohle bei höheren Temperaturen.



Das im letztgenannten Verfahren gebildete Kohlenmonoxid (CO) kann mit weiterem *Wasserdampf* zu Kohlendioxid (CO₂) oxidiert werden:

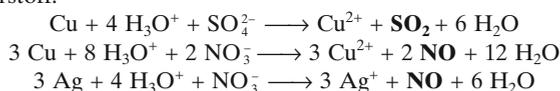


- Im *Laboratorium* gewinnt man Wasserstoff durch Behandeln einer Säure, von Wasser oder einer Lauge mit einem Metall.
- **Metall + Säure:** Alle *unedlen Metalle* [z. B. *Magnesium* (Mg), *Aluminium* (Al), *Zink* (Zn), *Eisen* (Fe), *Zinn* (Sn)] mit einem negativen Normalpotential ($E^\circ < 0$) sollten 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* nur langsam. Zum Beispiel ist *Blei* in Schwefelsäure, Flusssäure oder Salzsäure durch Ausbildung von Schutzschichten (PbSO₄, PbF₂, PbCl₂) unlöslich. *Eisen* (Fe) und *Chrom* (Cr) bilden mit konz. Salpetersäure eine oxidische Schutzschicht.

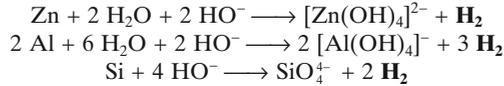
Edlere Metalle [*Antimon* (Sb), *Kupfer* (Cu), *Quecksilber* (Hg), *Silber* (Ag)] entwickeln in Säuren *keinen* Wasserstoff, sind also in nichtoxidierenden Säuren unlöslich; sie lösen sich zum Teil aber in oxidierenden Säuren wie Schwefelsäure (H₂SO₄) oder Salpetersäure (HNO₃), jedoch *nicht* unter Bildung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



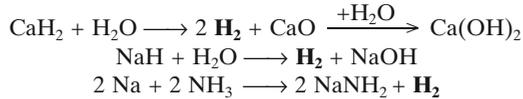
- **Metall + Wasser:** In neutralem Wasser (pH = 7) beträgt das Normalpotential der Wasserstoffelektrode ($E^\circ = -0,06$ pH = -0,42 V), so dass Metalle mit negativerem Normalpotential ($E^\circ < -0,42$ V) wie Alkali- und Erdalkalimetalle aus Wasser Wasserstoff freisetzen können:



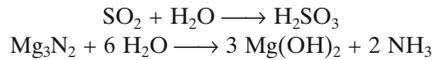
■ **Metall + Lauge:** Einige Metalle und Halbmetalle wie *Aluminium* (Al), *Zink* (Zn) oder *Silicium* (Si) lösen sich in starken Laugen unter Wasserstoffentwicklung:



■ Wasserstoff kann durch *Hydrolyse salzartiger Hydride* (Me^+H^-) oder durch Zersetzung der Lösungen von *Alkalimetallen in flüssigem Ammoniak* hergestellt werden:



■ Die Reaktion von *Schwefeldioxid* (SO_2) oder *Magnesiumnitrid* (Mg_3N_2) mit Wasser sind *Hydrolysen* und führen *nicht* zur Bildung von Wasserstoff [Als Hydrolysen bezeichnet ganz allgemein Reaktionen (Bindungsspaltungen) mit Wasser.]:



1295 (B)

■ *Aluminium* (Al), *Chrom* (Cr) und *Eisen* (Fe) lösen sich *nicht* in konzentrierter Salpetersäure (HNO_3) infolge Ausbildung *oxidischer Schutzschichten* (Passivierung)

■ *Gold* (Au) wird von konz. HNO_3 *nicht* angegriffen, löst sich aber in *Königswasser*.

■ *Kupfer* (Cu) löst sich in konzentrierter HNO_3 unter Entwicklung von Stickstoffmonoxid (NO).



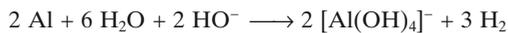
1296 (D) 1833 (E) 1834 (C) 1835 (C)

■ *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*).

1297 (B)

■ Die H_2 -Bildung aus zwei Wasserstoffatomen ist ein *exothermer* Vorgang. Das Wasserstoffmolekül ist um $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ energieärmer als zwei getrennte H-Atome.

■ Die Stabilität der H-H-Bindung manifestiert sich bei der H_2 -Bildung in der freiwerdenden Bindungsenergie, die daraus resultiert, dass das doppelt besetzte bindende σ -MO ($\uparrow\downarrow$) im H_2 -Molekül um $218 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ energetisch günstiger ist als das einfach besetzte AO (\uparrow) eines H-Atoms. Das Energieniveau des bindenden MO im H_2 -Molekül ist niedriger als das $1s$ -Energieniveau im Wasserstoffatom.

■ Bei der H_2 -Bildung werden aus paramagnetischen (einfach besetzte AO) H-Atomen diamagnetische (doppelt besetzte MO) Wasserstoffmoleküle (H_2).

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

1298 (D) 1299 (C)

- **Atomarer** (naszierender) **Wasserstoff** (H^{\bullet}) ist ein starkes Reduktionsmittel.
- Atomarer Wasserstoff kann unter Energieaufwand (bei hohen Temperaturen, bei Bestrahlung mit kurzwelligem Licht oder an der Oberfläche von fein verteiltem Platin) aus molekularem Wasserstoff (H_2) gewonnen werden.
- Atomarer Wasserstoff reagiert mit Arsen oder Antimon zu *Arsin* (AsH_3) bzw. *Stibin* (SbH_3).
- Die *Rekombination* von atomarem Wasserstoff zu molekularem Wasserstoff erfolgt stark *exotherm* ($\Delta H < 0$); die freiwerdende Bindungsenergie kann dabei zu erneutem Zerfall des H_2 -Moleküls führen.

2.2.2 Wasserstoffisotope

1300 (E) 282 (E) 291 (A)

- Das *Hydrid-Ion* (H^-) und das *Deuterium-Atom* (D) sind weder isotope, isomer (gleiche Summenformel), isomorph (gleiche Kristallstruktur) noch isoster (gleiche Protonen- und Elektronenzahl). [**Anmerkung:** Das H^- -Ion ($1s^2$) und das D-Atom ($1s^1$) sind unterschiedliche Spezies, auch wenn sie die gleiche Protonenzahl besitzen; im engeren Sinne bezeichnet man als *Isotope Elemente* (Atome) gleicher Protonenzahl aber unterschiedlicher Massenzahl.]

1301 (D) 356 (D)

- Natürlicher Wasserstoff ist ein *Mischelement* aus drei Isotopen im Mengenverhältnis: *Wasserstoff* (H) : *Deuterium* (D) : *Tritium* (T) $\approx 1 : 10^{-4} : 10^{-18}$
- *Tritium* wird wegen seiner Radioaktivität (β -Strahler) zur Isotopenmarkierung von Wasserstoffverbindungen verwendet.
- Das Deuterium-Nuclid ist stabil und *nicht* radioaktiv.
- Das *Ionenprodukt von Wasser* (H_2O) beträgt bei 25 °C: $K_w = 1,01 \cdot 10^{-14}$. Das Ionenprodukt von *schwerem Wasser* (Deuteriumoxid, D_2O) ist geringer und beträgt: $K_w = 0,195 \cdot 10^{-14}$.
- *Atomarer Wasserstoff* (H^{\bullet}) kann bei hohen Temperaturen aus molekularem Wasserstoff (H_2) erhalten werden.

1302 (C) 82 (E) 83 (C) 84 (C)

- Vom Wasserstoff existieren die drei Isotope: Wasserstoff (1_1H) – Deuterium (${}^2_1H \equiv D$) und Tritium (${}^3_1H \equiv T$).
- Als neutrale Isotope besitzen sie alle die gleiche Protonenzahl (1) und die gleiche Elektronenzahl (1). Die Neutronenzahl der Isotope ergibt sich als Differenz von Massenzahl und Protonenzahl (= Ordnungszahl).

1303 (D) 1304 (A)

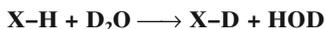
- **Deuterium** lässt sich durch *Elektrolyse von Wasser* gewinnen, weil dabei Wasser an der Kathode schneller zu H_2 reduziert als Deuteriumoxid zu D_2 . D_2O reichert sich im Rückstand an und kann anschließend zu Deuterium reduziert werden.
- Deuterium ist reaktionsträger als Wasserstoff, weil die *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.

1305 (B) 105 (B)

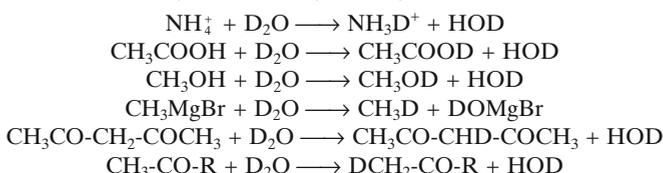
■ **Tritium** (${}^3_1\text{H} \equiv \text{T}$) ist radioaktiv und wandelt sich unter β -Strahlung in Helium um:
 ${}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^3_2\text{He} + \beta^-$

1306 (C) 1307 (B)

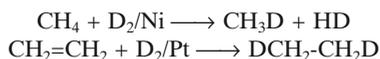
■ Die erhöhte Stabilität von Bindungen des Deuteriums an andere Elemente nutzt man in **Isotopenaustauschreaktionen** mit Verbindungen, die einen *beweglichen Wasserstoff* enthalten.



■ 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:



■ Wie bereits erwähnt sind 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

1308 (C) 22 (C) 29 (C) 215 (A) 216 (B) 217 (C) 534 (A)
 1003 (A)

■ Von Wasserstoff (H) lassen sich zwei Ionenarten ableiten: das *Hydrid-Ion* (H^-) und das *Proton* (H^+).

■ Wasserstoff kann in den *Oxidationszahlen* **-1** (als Hydrid-Ion H^-), **0** (als molekularer Wasserstoff H_2) und **+1** (als Proton H^+ bzw. acider Wasserstoff) auftreten.

■ Wasserstoff kann aus Wasser durch *kathodische Reduktion* gewonnen werden.

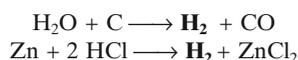
■ In Säuren wie HNO_3 , H_2O , H_2S , H_2SO_4 oder HI ist der Wasserstoff jeweils durch eine *Atombindung* (kovalente Bindung) an ein Nichtmetall gebunden.

■ Wasserstoff existiert in drei *Isotopen*: ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ (Deuterium), ${}^3_1\text{H}$ (Tritium).

1309 (E) 1310 (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 (${}^2_1\text{H}$) anderen Elementen oder Verbindungen gegenüber ist deutlich geringer als von Wasserstoff (${}^1_1\text{H}$). 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 und $+1$ auf.

1311 (C) **1114** (D) **1115** (B)

- Wasserstoff kann als Anion (H^-) und als Kation (H^+) auftreten.
- Der Atomkern des Wasserstoffisotops ${}^1_1\text{H}$ besteht nur aus einem Proton.
- *Natriumhydrid* (NaH) und *Calciumhydrid* (CaH_2) sind *salzartige* Verbindungen, die das Hydrid-Ion (H^-) enthalten.
- Neben ${}^1_1\text{H}$ existieren noch die Isotope ${}^2_1\text{H}$ (Deuterium) und ${}^3_1\text{H}$ (Tritium).

1312 (C)

- Im **Orthowasserstoff** ($o\text{-H}_2$) besitzen die beiden Protonen (Nucleonen) einen *parallelen Kernspin* ($\uparrow\uparrow$).
- Im **Parawasserstoff** ($p\text{-H}_2$) besitzen die beiden Protonen (Nucleonen) einen *antiparallelen Kernspin* ($\uparrow\downarrow$).

1313 (E) **50** (C)

- Die *Knallgasreaktion* – die Bildung von Wasser aus den Elementen Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) – verläuft über Radikale (atomarer Wasserstoff H^\bullet) und kann durch energiereiche UV-Strahlung ausgelöst werden.
- Ohne Katalysator kann das Knallgasgemisch (H_2/O_2) aufgrund der unmessbar geringen Reaktionsgeschwindigkeit problemlos aufbewahrt werden.
- *Palladium* (Pd) zeichnet sich durch seine Fähigkeit aus, Wasserstoff einzulagern. Das Metall absorbiert etwa das Tausendfache seines eigenen Volumens an H_2 , was wegen der hohen Atommasse von Pd für das Hydrid eine Zusammensetzung $\text{PdH}_{0,8}$ ergibt.
- Beim Erhitzen mit Wasserstoff geht Lithium in *Lithiumhydrid* (Li^+H^-) über.
- *Wassergas* ist ein Gemisch aus Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H_2).

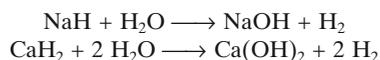
1314 (D)

- *Knallgas* ist ein Gemisch als molekularem Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2).

2.2.4 Wasserstoffverbindungen (Hydride)

1315 (E) **1886** (A)

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



- Mit den Elementen der 3. bis 7. Hauptgruppe bildet Wasserstoff *kovalente Hydride* (Ammoniak NH_3 , Chlorwasserstoff HCl u. a.).
- *Komplexe Hydride* wie *Lithiumaluminiumhydrid* (LiAlH_4) oder *Natriumborhydrid* (NaBH_4) sind starke *Reduktionsmittel*, die in der organischen Chemie zur Reduktion von Aldehyden, Ketonen oder von Carbonsäureestern zu Alkoholen eingesetzt werden.

1858 (D)

- *Quecksilber(II)-chlorid* (HgCl_2) wird auch als *Sublimat* bezeichnet.

1859 (D) **329** (C) **418** (E) **419** (E) **442** (D)

- *Quecksilber(II)-fluorid* (HgF_2) und *Lithiumaluminiumhydrid* [Lithiumalanat] ($\text{Li}^+\text{AlH}_4^-$) sind Salze.
- *Quecksilber(II)-chlorid* [Sublimat] (HgCl_2) ist *linear* gebaut und existiert im Gitter in *undissoziierten, kovalent* gebundenen HgCl_2 -Molekülen (mit sp-hybridisiertem Hg), die auch in Lösung weitgehend erhalten bleiben.
- *Nickeltetracarbonyl* [$\text{Ni}(\text{CO})_4$] ist ein Komplex (koordinative Zentralatom-Ligand-Bindung).

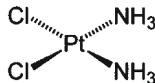
1860 (E) **487** (B)

- *Quecksilber(II)-chlorid* (HgCl_2) und *Quecksilber(II)-bromid* (HgBr_2) sind *farblos*.
- *Quecksilber(II)-iodid* (HgI_2) ist polymorph und existiert in einer *gelben* und *roten* Modifikation.
- *Quecksilber(II)-oxid* (HgO) ist *rot* gefärbt.
- *Quecksilber(II)-sulfid* (HgS) tritt in einer *roten* und einer *schwarzen* Modifikation auf.

2.12 Platinmetalle

1861 (E) **494** (B) **497** (A) **501** (A) **505** (A) **520** (C) **521** (A)
522 (A) **523** (D) **524** (E) **1809** (E) **1905** (C)

- Platin(II)-Komplexe mit vier Liganden sind bevorzugt *planar-quadratisch* gebaut.
- *Diammindichloroplatin(II)* [$\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$] kann als *cis-* und als *trans-*Isomer vorliegen. Die cis-Form ist als **Cisplatin** als Chemotherapeutikum im Handel.



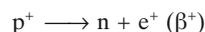
- **Platin** (Pt) löst sich in *Königswasser* unter Bildung von Pt(IV)-Verbindungen.

2.13 Prüfungen Herbst 2010

Allgemeine Chemie

1862 (A)

- Aus ^{18}F entsteht durch *Positronen-Emission* (β^+ -Emission) ^{18}O . Bei der Positronen-Emission bleibt die Massenzahl erhalten und die Kernladungszahl (Ordnungszahl) nimmt um 1 ab. Ein Positron entsteht, indem sich im Atomkern ein Proton in ein Neutron umwandelt:

**1863** (C)

- Das Isotop ^{18}F sendet Positronen ($e^+ = \beta^+$) aus.
- ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{137}Cs und ^{60}Co sind β^- -Strahler.

1864 (C)

■ Zum Nachweis radioaktiver Strahlung kann man verwenden: Halbleiterzähler – Dosimeter – Geiger-Müller-Zählrohr.

Ein Halbleiterzählrohr nutzt die elektrischen Eigenschaften eines Halbleiters zur Strahlungsmessung aus. Die Messung mit einem Geigerzähler beruht auf der ionisierenden Wirkung radioaktiver Strahlen. Dosimeter sind Messgeräte zur Ermittlung einer Strahlungs-dosis (von radioaktiven Strahlen aber auch von Röntgenstrahlen).

1865 (C)

■ Die 7. Hauptgruppe ist die Gruppe der **Halogene**. *Halogenide* sind Salze von Halogenwasserstoffsäuren.

■ Die Alkalimetalle bilden die 1., die Kohlenstoffgruppe die 4., die Chalkogene die 6. und die Edelgase die 8. Hauptgruppe im Periodensystem der Elemente.

1866 (B)

■ **Phosphor (P)** als Element der 3. Periode und der 5. Hauptgruppe hat die *Elektronenkonfiguration*: $[\text{Ne}]3s^23p^3$

1867 (A)

■ **Silicium (Si)** als Element der 3. Periode und der 4. Hauptgruppe besitzt die *Elektronenkonfiguration*: $[\text{Ne}]3s^23p^2$

1868 (A)

■ Die 1. *Ionisierungsenergie* nimmt innerhalb einer Periode von links nach rechts zu, ist somit für Alkalielemente (1. Hauptgruppe) kleiner als für die Halogene (7. Hauptgruppe). Ursache hierfür ist der innerhalb einer Periode von links nach rechts kleiner werdende Atomradius infolge der wachsenden Kernladung.

■ Innerhalb einer Hauptgruppe nimmt die 1. Ionisierungsenergie von oben nach unten ab (jeweils Aufbau einer weiter außen liegenden Valenzschale).

■ Beim gleichen Element ist die 1. Ionisierungsenergie für Elektronen von inneren Schalen (mit Rumpfelektronen) *größer* als für die Elektronen der äußersten Schale (Valenzschale mit Valenzelektronen).

■ Für das Kohlenstoffatom betragen die Ionisierungsenergien (IE):

1. IE: 11,3 eV – 2. IE: 24,4 eV – 3. IE: 47,9 eV – 4. IE: 64,5 eV – 5. IE: 391,9 eV – 6. IE: 666,8 eV. Die Ionisierungsenergien eines Elements verhalten sich somit *nicht* als ganzzahlige Vielfache der 1. IE.

■ Die *Elektronenaffinität* ist die mit der Aufnahme von Elektronen durch ein neutrales Atom verbundene Energie. Sie entspricht *nicht* dem Kehrwert der Ionisierungsenergie.

1869 (E)

■ Phosphor als Element der 5. Hauptgruppe besitzt 5 Valenzelektronen. Im *Phosphortrichlorid* (PCl_3) betätigt Phosphor nur drei dieser Elektronen für die Kovalenzbindungen zu Chloratomen, sodass am P-Atom ein einsames (freies) Elektronenpaar verbleibt. Phosphortrichlorid ist eine *Lewis-Base*.

■ *Bortrifluorid* (BF_3) und *Aluminiumtribromid* (AlBr_3) sind Elektronenmangelverbindungen mit einer Elektronenpaarlücke. Beide Substanzen reagieren wie *Siliciumtetrachlorid* (SiCl_4) oder *Phosphorpentachlorid* (PCl_5) als *Lewis-Säure*.

1870 (D) **458** (E)

■ Der *diradikalische Charakter des Sauerstoff-Moleküls* ist erklärbar mit der *Hundschen Regel*, nach der entartete (energiegleiche) Orbitale zunächst einfach mit Elektronen parallelen Spins besetzt werden. Im O₂-Molekül sind es die beiden entarteten 2π*-MO.

1871 (C)

■ Im *Häm*in bildet ein Eisen(II)-Ion (Fe²⁺) und im *Chlorophyll* bildet ein Magnesium-Ion (Mg²⁺) einen *Chelatkomplex* mit einem Porphyrin-Ringsystem.

■ *Rotes Blutlaugensalz* [Kaliumhexacyanoferrat(III)] K₃[Fe(CN)₆], *Berliner Blau* [Turnbulls Blau] K[Fe^{III}Fe^{II}(CN)₆] und *Nitroprussidnatrium* Na₂[Fe(NO)(CN)₅] sind normale Komplexe.

1872 (D)

■ **Metalle** liegen meistens in einer der (kubisch oder hexagonal) *dichtesten Kugelpackungen* vor.

■ Die *metallische Bindung* (durch bewegliche Valenzelektronen) ist ungerichtet und im Metallgitter räumlich allseitig wirksam.

■ Fein verteilte Metalle erscheinen – bis auf wenige Ausnahmen – *schwarz*.

■ Metalle zeigen bei Temperaturerhöhung eine *Abnahme* der elektrischen Leitfähigkeit (negativer Temperaturkoeffizient).

■ Metalle sind verformbar (dehnbar, schmiedbar).

1873 (C)

■ Aufgrund der größeren Elektronegativitätsdifferenz zwischen dem H-Atom und dem F-Atom treten im **Fluorwasserstoff** (H-F) – im Vergleich zu anderen genannten Stoffen – die stärksten intermolekularen (zwischenmolekulare) Wasserstoffbrückenbindungen auf.

■ Infolge der geringeren Elektronegativitätsdifferenz sind die Wasserstoffbrückenbindungen im *Wasser* (H₂O) und *Ammoniak* (NH₃) schwächer ausgeprägt als im Fluorwasserstoff (HF).

■ *Schwefelwasserstoff* (H₂S) und *Iodwasserstoff* (HI) sind *nicht* assoziierte Stoffe.

1874 (C)

■ Eine **Phase** kann fest, flüssig oder gasförmig sein.

■ Eine Phase ist aus physikalischer Sicht homogen und besitzt ein einheitliches chemisches Potential.

■ Eine Phase muss aber *nicht* chemisch homogen (einheitlich) sein und muss *nicht* einen reinen Stoff darstellen, wie *Gasmische* und *Lösungen* belegen, die aus mehreren unterschiedlich reagierenden Komponenten bestehen können. [*Anmerkung*: Somit sind die Antworten (B) und (C) *nicht* zutreffend! Der Ausdruck „chemisch homogen oder stofflich homogen“ bedarf einer exakten Beschreibung im Aufgabentext.]

1875 (D)

■ Aus der *Dampfdruckgleichung* ergibt sich, dass der Dampfdruck einer Flüssigkeit (p_o) dem negativen Kehrwert der absoluten Temperatur (T) proportional ist: **ln p_o ~ - (1/T)** [Trägt man demnach ln p gegen 1/T auf, so erhält man eine abfallende Gerade, deren Neigung in jedem Punkt die Verdampfungswärme ΔH liefert.]

1876 (E)

■ Unter **Solvatation** versteht man die während eines Lösevorgangs erfolgende Umhüllung (Aufbau einer Solvathülle) der gelösten Partikel mit Lösungsmittelmolekülen.

1877 (D)

■ Für die *Lösefähigkeit des Wassers* gegenüber Salzen hat der *Dipolcharakter von Wasser* die größte Bedeutung.

1878 (A)

■ Nach dem *Raoultischen Gesetz* hängt die Dampfdruckerniedrigung (Δp) einer Lösung – bezogen auf den Dampfdruck des reinen Lösungsmittels – ab von der *Stoffmenge* (n) des gelösten Stoffes: $\Delta p \sim n$

1879 (C)

■ In einem *geschlossenen System* ist nur ein Austausch von *Energie* mit der Umgebung möglich.
 ■ [**Anmerkung:** Auch Antwortalternative (E) kann zutreffend sein! Zum Beispiel kann 1 Mol Distickstofftetroxid (N_2O_4) in 2 Mol Stickstoffdioxid (NO_2) zerfallen, wodurch sich die Stoffmenge ändert (*nicht konstant* ist).]

1880 (C)

■ Aufgrund der angegebenen Daten verläuft die Reaktion *exotherm* ($\Delta H < 0$) und *exergonisch* ($\Delta G < 0$) ab, kann also *freiwillig* (spontan) eintreten.

■ Nach der Gibbs-Helmholtz-Gleichung

$$[\Delta G (-90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = \Delta H (-100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - T \cdot \Delta S]$$

ergibt sich für den Entropieterm [$T \cdot \Delta S = +10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$]. Daher muss die *Entropieänderung* ($\Delta S < 0$) *negativ* sein.

■ Aus den angegebenen Daten lassen sich keine Aussagen zur Aktivierungsenthalpie (ΔH^\ddagger) machen.

1881 (B)

■ *Natriumdihydrogenphosphat* (NaH_2PO_4) und *Aluminiumchlorid* ($AlCl_3$) reagieren in wässriger Lösung schwach *sauer* ($pH < 6$).

■ *Natriumsulfat* (Na_2SO_4) ist ein *Neutralsalz* ($pH = 7$).

■ *Natriumacetat* (CH_3COONa) und *Natriumhydrogencarbonat* ($NaHCO_3$) reagieren schwach *basisch* ($pH > 8$).

1882 (A)

■ *N,N-Dimethylformamid* [$HCO-N(CH_3)_2$] und *Dimethylsulfoxid* [$(CH_3)_2SO$] zählen zu den *polar aprotischen Lösungsmitteln*.

■ *Essigsäure* (CH_3COOH), *Ammoniak* (NH_3) und *Ethylenglycol* ($HOCH_2CH_2OH$) sind *protische* Stoffe (Protonendonatoren).

1883 (D)

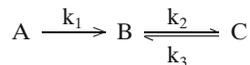
■ Die *Oxidationszahl des Stickstoffs* in *Nitrosobenzol* ($C_6H_5-N=O$) ergibt sich aus der Teilstruktur [$C-N=O$] und der Abfolge der Elektronegativitäten [$EN_C < EN_N < EN_O$] zu: **+1**

1884 (B)

Die *Oxidationszahl des Stickstoffs* im *Azobenzol* ($C_6H_5-N=N-C_6H_5$) ergibt sich aus der Teilstruktur $[C-N=N-C]$ und der Elektronegativitätsabfolge $[EN_C < EN_N]$ zu, wobei die Elektronen der $N=N$ -Doppelbindung symmetrisch auf beide N-Atome aufgeteilt werden: **-1**

1885 (D)

Für eine Reaktion der allgemeinen Form mit einem zweiten reversiblen Teilschritt



erhält man die zeitliche Änderung der Konzentration des Zwischenproduktes B (dC_B/dt) aus der Differenz

- der Bildung von B durch Umwandlung des Stoffes A ($+k_1 \cdot C_A$)
- der Bildung von B durch Zerfall des Produktes C ($+k_3 \cdot C_C$) und
- der Umwandlung von B in C ($-k_2 \cdot C_B$) zu:

$$dC_B/dt = k_1 \cdot C_A - k_2 \cdot C_B + k_3 \cdot C_C$$

1886 (A)

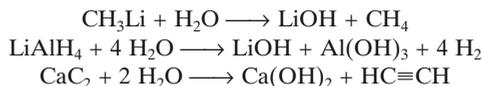
Die *Geschwindigkeitskonstante* (k) einer *Reaktion 0. Ordnung* hat die Dimension **[1/s]** ($s =$ Sekunde).

Anorganische Chemie**1887** (B)

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

1888 (C)

Natriumborant ($NaBH_4$) 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) [$HC\equiv CH$]):

**1889** (A)

Der *Siedepunkt* (Sdp.) von *Fluorwasserstoff* [HF] ($+19,5^\circ C$) ist höher als der von Chlorwasserstoff [HCl] ($-84,9^\circ C$), Bromwasserstoff [HBr] ($-66,8^\circ C$) oder Iodwasserstoff [HI] ($-35,4^\circ C$).

Iodwasserstoff [HI] ($pK_s = -8$) ist von allen Halogenwasserstoffen die stärkste Brönsted-Säure. HI ist die stärkste Elementwasserstoffsäure überhaupt.

Chlorwasserstoff (HCl) lässt sich im Labor aus Natriumchlorid ($NaCl$) und konzentrierter Schwefelsäure (H_2SO_4) herstellen [*Sulfat-Salzsäure-Prozess*]:



Bromwasserstoff (HBr) bildet wie alle Halogenwasserstoffe mit Wasser ein *azeotropes Gemisch*.

- *Chlorwasserstoff* (HCl) besitzt eine geringere Tendenz zur Ausbildung von Wasserstoffbrücken als *Fluorwasserstoff* (HF). HF bildet die stärkste Wasserstoffbrückenbindung aus.

1890 (B)

- Das **Tetrathionat-Ion** hat die Summenformel: $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ (Formel B)

1891 (E)

- Zur *Stickstoffgruppe* (5. Hauptgruppe) gehören u. a. auch die Elemente *Phosphor* (**P**), *Antimon* (**Sb**) und *Bismut* (**Bi**).
- *Bor* (**B**) ist ein Element der 3. und *Schwefel* (**S**) ein Element der 6. Hauptgruppe.

1892 (E)

- **Stickstoff** (N_2) kann gewonnen werden durch:
 - fraktionierte Destillation von verflüssigter Luft
 - thermische Zersetzung von Aziden wie *Natriumazid* (NaN_3)

$$2 \text{NaN}_3 \longrightarrow 2 \text{Na} + 3 \text{N}_2$$
 - thermische Zersetzung von *Ammoniumnitrit* (NH_4NO_2)

$$\text{NH}_4\text{NO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$$
- Bei der Hydrolyse von Nitriden wie *Magnesiumnitrid* (Mg_3N_2) entsteht *Ammoniak* (NH_3):

$$\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3 \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{NH}_3$$

1893 (E)

- **Hydrazin** ($\text{H}_2\text{N-NH}_2$) [$\text{pK}_b = 6,07$] ist – wie der größere pK_b -Wert belegt – weniger basisch als *Ammoniak* (NH_3) [$\text{pK}_b = 4,75$].
- Hydrazin verbrennt an der Luft zu Stickstoff (N_2) und Wasser:

$$\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- Reines Hydrazin (N_2H_4) kann beim Erhitzen explosionsartig zu *Ammoniak* (NH_3) und Stickstoff disproportionieren:

$$3 \text{N}_2\text{H}_4 \longrightarrow 4 \text{NH}_3 + \text{N}_2$$
- Hydrazin reagiert mit Halogenen (X_2) unter Bildung von Stickstoff (N_2) und Halogenwasserstoff (HX):

$$\text{N}_2\text{H}_4 + 2 \text{X}_2 \longrightarrow \text{N}_2 + 4 \text{HX}$$

1894 (C)

- *Cyanwasserstoff* (HCN) kann in einer Nitril-Form (**H-C≡N**) und einer Isonitril-Form ($\text{I}(\text{C}=\text{N}-\text{H})$) auftreten, wobei die Nitril-Form das bevorzugte Tautomer ist.
- Bei Ketonen wie *Aceton* [$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$] dominiert im Keto-Enol-Gleichgewicht [$-\text{CH}-\text{C}=\text{O} \rightleftharpoons -\text{C}=\text{C}-\text{OH}$] die Keto-Form mit einer **C=O**-Doppelbindung.
- Die *Salpetrige Säure* (HNO_2) zeigt folgendes Tautomerie-Gleichgewicht [$\text{H}-\text{O}-\text{N}=\text{O} \rightleftharpoons \text{H}-\text{NO}_2$], wobei die Form **H-O-N=O**, in welcher der Wasserstoff an ein O-Atom gebunden ist, das bevorzugte Tautomer bildet.
- *Phosphinsäure* (H_3PO_2) existiert ebenfalls in zwei tautomeren Formen: [$\text{H}_2\text{PO}(\text{OH}) \rightleftharpoons \text{H}-\text{PO}(\text{OH})_2$]. Hier dominiert die tautomere Form, in der zwei H-Atome direkt an das P-Atom gebunden sind. Dies beweist die Einwertigkeit der Säure.

- *Phosphonsäure* (H_3PO_3) kann in folgenden tautomeren Formen auftreten:
 $[\text{H-PO}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{P}(\text{OH})_3]$. Hier dominiert die Form, in der ein H-Atom direkt an das P-Atom gebunden ist. Diesen Befund stützt die Zweiwertigkeit der Säure.

1895 (D)

- *Stickstoffmonoxid* (NO) wird auch als *Stickoxid* bezeichnet.
- *Stickstoffdioxid* (NO_2) kann als gemischtes Anhydrid von Salpetriger Säure (HNO_2) und Salpetersäure (HNO_3) aufgefasst werden.
- Bei der Reduktion von *verdünnter Salpetersäure* (HNO_3) mit Kupfer (Cu) entsteht *Stickstoffmonoxid* (NO):

$$3 \text{ Cu} + 6 \text{ H}_3\text{O}^+ + 2 \text{ HNO}_3 \longrightarrow 3 \text{ Cu}^{2+} + 2 \text{ NO} + 10 \text{ H}_2\text{O}$$

- *Distickstoffmonoxid* [*Lachgas*] (N_2O) ist ein farbloses, diamagnetisches [22 Elektronen] Gas.
- *Distickstoffmonoxid* (N_2O) ist bei Raumtemperatur recht *reaktionsträge*, zerfällt aber bei erhöhter Temperatur in die Elemente, sodass N_2O – aufgrund der O_2 -Freisetzung – Verbrennungsprozesse unterhalten kann.

$$\text{N}_2\text{O} \longrightarrow \text{N}_2 + \frac{1}{2} \text{ O}_2$$

1896 (E)

- *Phosphor* (**P**) tritt in einer weißen, roten, violetten und schwarzen Form auf. Die violette Modifikation tritt auch als „*Hittorfscher Phosphor*“ bezeichnet.
- *Zinn* (**Sn**) tritt in drei Modifikationen auf (grau – weiß – grau, spröde).
- *Calciumcarbonat* (**CaCO₃**) kommt in der Natur in drei Modifikationen vor: *Calcit* („Kalkspat“), *Aragonit* und *Vaterit*.
- *Siliciumdioxid* (**SiO₂**) kommt in der Natur vor als *Quarz*, *Tridymit* und *Cristoballit*.

1897 (D)

- **Antimon** (**Sb**) ist ein Element der 5. Periode und der **5.** Hauptgruppe.
- In *Antimonsäure* [HSbO_3] hat Sb die *Oxidationszahl +5*.
- *Diantimontrisulfid* [Antimon(III)-sulfid] (Sb_2S_3) existiert in einer *orangefarbenen* und einer *grauschwarzen* Modifikation.

1898 (D)

- **Kohlenstoff** (C) existiert in elementarer Form als *Graphit*, *Diamant* und als *Fullerene*.
- Der Zerfall des Isotops ^{14}C (β^- -Strahler) wird zur Altersbestimmung von biologischem Material (fossilen Funden) benutzt.
- *Graphit* ist thermodynamisch stabiler als *Diamant*.
- Die große Härte von *Diamant* (mit sp^3 -hybridisierten C-Atomen) ist auf dessen hohe Gitterenergie zurückzuführen.
- Das Isotop ^{13}C eignet sich zu NMR-spektroskopischen Untersuchungen kohlenstoffhaltiger Verbindungen (^{13}C -NMR-Spektroskopie).

1899 (E)

- **Silicium** (**Si**) tritt in der Natur *nicht* elementar auf.
- Silicium ist – nach Sauerstoff – das (zweit)häufigste Element der Erdkrinde.
- Silicium kann technisch durch Reduktion von Siliciumdioxid (SiO_2) mit Kohlenstoff hergestellt werden: $\text{SiO}_2 + 2 \text{ C} \longrightarrow \text{Si} + 2 \text{ CO}$
- Silicium reagiert mit Halogenen (X_2) zu Siliciumtetrahalogeniden (SiX_4):

$$\text{Si} + 2 \text{ X}_2 \longrightarrow \text{SiX}_4$$

■ Im Gegensatz zu *Tetrachlormethan* [Tetrachlorkohlenstoff] (CCl_4) hydrolysiert *Siliciumtetrachlorid* (SiCl_4) leicht zu Siliciumdioxid (SiO_2) und Chlorwasserstoff (HCl), weil die Chloratome das größere, positiv polarisierte Si-Atom nur schlecht gegen den nucleophilen Angriff des Wassers abschirmen:



1900 (E)

■ **Blei (Pb)** kann durch Reduktion von Blei(II)-oxid (PbO) mit Kohlenmonoxid (CO) gewonnen werden:



■ Blei verbrennt an der Luft mit Sauerstoff zu *Blei(II)-oxid* (PbO) und wird von Wasser in Gegenwart von Luft in *Blei(II)-hydroxid* [$\text{Pb}(\text{OH})_2$] umgewandelt.



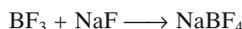
■ *Mennige* (Pb_3O_4) ist ein Mischoxid aus *Blei(II)-oxid* (PbO) und *Blei(IV)-oxid* (PbO_2).

■ *Bleioxid* (PbO_2) ist ein starkes Oxidationsmittel ($E^\circ = +1,47 \text{ V}$).

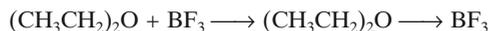
1901 (D)

■ **Bortrifluorid** (BF_3) geht folgende Reaktionen ein:

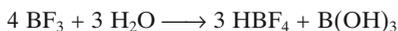
– mit Natriumfluorid (NaF) bildet sich das komplexe *Natriumtetrafluorborat* (NaBF_4):



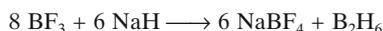
– mit Lewis-Basen wie Diethylether [$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O}$] bildet sich das stabile Bortrifluorid-Diethyl-Etherat als Lewis-Säure-Base-Addukt:



– mit Wasser bildet sich zunächst ein Lewis-Säure-Base-Addukt, das aber oberhalb von 20°C *nicht* stabil ist und weiter zu Borsäure [$\text{B}(\text{OH})_3$] und Fluoroborsäure (HBF_4) hydrolysiert:



– mit Natriumhydrid (NaH) entsteht *Diboran* (B_2H_6) und *Natriumtetrafluorborat* (NaBF_4) [und *nicht* Natriumfluorid (NaF)!]:



1902 (C)

■ **Nebengruppenelemente:**

– füllen innerhalb einer Periode mit steigender Ordnungszahl vorzugsweise *innere Elektronenschalen* auf (zweitäußerste d-Schale bzw. drittäußerste f-Schale).

– kommen in mehreren *Oxidationsstufen* vor und bilden *Komplexe*

– bilden häufig *farbige Verbindungen*, jedoch sind auch *farblose* Verbindungen von Kupfer(I), Silber(I), Zink(II) und Quecksilber(II) bekannt.

– sind ausnahmslos *Metalle* und somit gute *elektrische Leiter*

1903 (D)

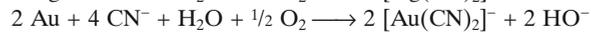
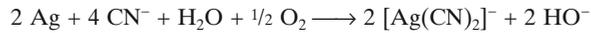
■ In der **1. Nebengruppe:**

– treten die Element(I)-Komplexe in den *Koordinationszahlen 2* und *4* auf: [$\text{Cu}(\text{CN})_4$] $^{3-}$, [$\text{Ag}(\text{CN})_2$] $^-$, [$\text{Au}(\text{CN})_2$] $^-$ u. a.

– sind *Komplexe* mit der Koordinationszahl *2* *linear* gebaut, solche mit der Koordinationszahl *4* sind *tetraedrisch* oder *planar-quadratisch* gebaut

– treten die Elemente in den *Oxidationsstufen +1*, *+2* und *+3* auf [AgBr , CuSO_4 , AuCl_3]. *Nicht immer* ist die einwertige Stufe die stabilste.

- lösen sich die Metalle – bei Luftzutritt (Anwesenheit von Sauerstoff) – in wässrigen Cyanid-Lösungen auf (*Cyanid-Laugerei*):



- sind auch *farblose* Salze bekannt (CuCl, CuBr, CuI, AgCl u. a.)

1904 (E)

■ Von den genannten Verbindungen besitzt *Silber(I)-sulfid* (**Ag₂S**) das kleinste Löslichkeitsprodukt und liefert in wässriger Lösung die geringste Konzentration an Ag⁺-Ionen, die etwa bei den genannten Verbindungen in folgende Reihe *abnehmender* Ag⁺-Konzentration in Lösung geordnet werden kann:

**1905** (C)

■ Zu den **Platinmetallen** zählen: *Osmium* (**Os**) – *Palladium* (**Pd**) – *Ruthenium* (**Ru**) – *Rhodium* (**Rh**) sowie *Iridium* (**Ir**) und *Platin* (**Pt**).

■ *Gold* (**Au**) ist ein Element der 1. Nebengruppe.